9. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi

-Fen ve Mühendislik Bilimleri-

the 9th International Scientific Research Congress

-Science and Engineering-

(UBAK)

12 – 13 Aralık 2020

ONLİNE / Ankara

-Fen ve Mühendislik Bilimleri-

- Science and Engineering-

-Bildiri Tam MetinKitabı-

- Proceeding Book –

Editör / Editor

Dr. Öğretim Üyesi Esma ÖZHÜNER

asos YAYINLARI

Ankara 2020

Yayın Koordinatörü/ Broadcaste Coordinator•
Muhammet ÖZCAN

Yayın Yönetmeni / General Publishing Director •
Dr. Öğretim Üyesi Esma ÖZHÜNER

Editör / Edited by •
Dr. Öğretim Üyesi Esma ÖZHÜNER

Kapak Tasarım / Cover Design
Zuhal KOÇ

İç Tasarım / Interior
Zuhal KOÇ

Birinci Basım / First Edition• ©
Aralık 2020 // December 2020-Ankara

ISBN: 978-625-7813-43-3

ASOS YAYINEVİ
1st Edition / 1.baskı: Aralık/December 2020
Address / Adres: Çaydaçıra Mah. Hacı Ömer Bilginoğlu Cad. No: 67/2-4
MERKEZ/ELAZIĞ
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

KURULLAR

DÜZENLEME KURULU

Prof. Dr. Cemal İYEM; Prof. Dr. Şerife BÜYÜKKÖSE; Doç. Dr. Özlem ÇAKIR; Doç. Dr. Hayrettin ZENGİN ; Doç. Dr. Emel İSLAMOĞLU; Dr. Mine Nazan Kerimak ÖNER; Dr. Öğr. Üyesi Yasemin U. SAKARYA; Dr. Öğr. Üyesi Kemal ÇİFTYILDIZ; Dr. Öğretim Üyesi Burhanettin oZDEMİR; Dr. Hüseyin KORKMAZ; Dr. Öğr. Üyesi Esma ÖZHÜNER

BİLİM KURULU

Doç.Dr. C. Betül Emrullahoğlu ABİ, Afyon Kocatepe Üniversitesi
Dr. Sami ACAR, Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Mine AKGÜN, Uludağ Üniversitesi
Doç. Dr. T. Çetin AKINCI, İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof.Dr. Erhan ALBAYRAK, Erciyes Üniversitesi
Dr. Rovida ALMOMANİ, Jordan University
Prof. Dr. Dilek ANAÇ, Ege Üniversitesi
Doç. Dr. Nurhayat ATASOY, Van Yüzüncüyıl Üniversitesi
Dr. Akhenak ATMANE, CentreUniversitaireTipaza
Doç. Dr. Zehra Şapçı AYAS, Van Yüzüncüyıl Üniversitesi
Prof. Dr. Salih AYDEMİR, Harran Üniversitesi
Prof. Dr M. Emin AYDIN, Necmetin Erbakan Üniversitesi
Prof. Dr. Senar AYDIN, Necmetin Erbakan Üniversitesi
Doç. Dr. Vezir AYHAN, Sakarya Üniveritesi
Doç. Dr. Zayde AYVAZ, Çanakkale Onsekizmart Üniversitesi
Doç. Dr. Khalid M. Al- BATAYNEH, YarmoukUniversity
Doç. Dr. Saadet Arzu BERİLGEN, Yıldız Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Ceyda BİLGİÇ, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Dr. Khaldon BODOOR, Jordan University
Prof. Hüsamettin BULUT, Harran Üniversitesi
Doç. Dr. Ali Savaş BÜLBÜL, Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi
Doç.Dr. Ivana CACCIATORE, G. D'Annunzio Üniversitesi
Prof. Dr. MirişMirmusa CAFEROV, Bakü Devlet Üniversitesi
Doç. Dr. Erhan CENGİZ, Alanya Alaaddinkeykubat Üniversitesi
Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENCİ, Harran Üniversitesi
Doç. Dr. M. Fatih DİLEKOĞLU, Harran Üniversitesi
Doç. Dr. Ali Rıza DİNÇER, Namıkkemal Üniversitesi

Prof. Dr. Cengiz DOĞAN, Harran Üniversitesi
Prof. Dr. Nükhet DOĞAN, Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Fikriye Tüncel ELMALI, Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Yılmaz EMRE, Akdeniz Üniversitesi
Doç. Dr. Uçman ERGÜN, Afyon Kocatepe Üniversitesi
Doç. Dr. Ayten Erol GÖRÜR, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Burcu ERTUĞ, Nişantaşı Üniversitesi
Prof. Dr. Nevin ERYÜCE, Ege Üniversitesi
Prof. Dr. Metin GÜRÜ, Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Fatih Onur HOCAOĞLU, Afyon Kocatepe Üniversitesi
Doç. Dr. VeselHoxha / IGJEUM, Arnavutluk
Prof. Dr. Irshad HUSSAİN, TheIslamiaUniversity of Bahawalpur
Prof. Dr. Kamil IŞIK, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Doç. Dr. Murat KALE, Düzce Üniveristesi
Doç. Dr. Timur KAPROL, Kırklareli Üniversitesi
Doç. Dr. Duran KATAR, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Prof. Dr. Rabah Ali KHALİL, University of Mosul
Doç. Dr. Serpil Koral KOÇ, Uludağ Üniversitesi
Doç. Dr. Özcan KÖYSÜREN, Ankara Üniversitesi
Doç.Dr. Banu Öztürk KURTASLAN, Selçuk Üniversitesi
Dr. Riad MERİEM, CentreUniversitaireTipaza
Doç. Dr. Kasım MERMERDAŞ, Harran Üniversitesi
Doç. Dr. Vanina MİHAİLOVA, PlovdivUniversity
Prof. Dr. Bülent OKUR, Ege Üniversitesi
Prof. Dr. Asım OLGUN, Uludağ Üniversitesi
Dr. Mine Nazan Kerimak ÖNER, Kocaeli Üniversitesi
Doç. Dr. M. Şükrü ÖZÇOBAN, Yıldız Teknik Üniversitesi
Dr. Burhaneddin ÖZDEMİR, RiyadhPrince Sultan University
Prof. Dr. Ayşegül PEKSEL, Yıldız Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Bayram POYRAZ, Düzce Üniversitesi
Prof. Dr. Ahmad A. Al-RHAYYEL, YarmoukUniversity
Prof. Dr. Haythem A. Bany SALAMEH, YarmoukUniversity
Prof. Dr. Mahmut SELVİ, Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Osman SİVRİKAYA, Karadeniz Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Yasin ŞÖHRET, Süleyman Demirel Üniversitesi
Prof. Dr. AntonioDi STEFANO, G. D'Annunzio Üniversitesi
Prof. Dr. Ahmet TANDIROĞLU, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Prof. Dr. Özden TEZEL, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Doç. Dr. Remzi TUNTAŞ, Van Yüzüncüyıl Üniversitesi

Prof.Dr. Hasan TÜRKEZ, Erzurum Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Sinan UYANIK, Harran Üniversitesi
Prof. Dr. Şahin YILDIRIM, Erciyes Üniversitesi
Doç.Dr. ilham YİĞİT, Yozgat Bozok Üniversitesi
Doç.Dr. Mehmet YÜKSEL, Çukurova Üniversitesi

SEKRETERYA
Kadir ERTEKİN
Zuhal KOÇ

İçindekiler

Önsöz **11**

Murat DENER - Sensör Ve GPS Temelli Bileklik Geliştirilmesi Ve Koronavirüs (Covid-19) Teşhisi Konulan Hastanın Yapay Zekâ Teknolojisini İçeren Karar Bilgi Sistemi İle Temas Ettiği Kişileri Belirleme 13

Emrah UĞURELLİ/ F. Azize BUDAK YILDIRAN- Radyoaktif İyot 131 Uygulama Sonrası Mide Doku Hasarında p53 Tümör Supresör Gen Etkisinin Real Time PCR ve Histopatolojik Analizi 21

Bekir Erol AK/ Elif Subaşı/ İbrahim Halil Hatipoğlu/ Birgül Dikmetaş- Odunsu Süs Bitkilerinin Mikro Çoğaltımında Kullanılan Besi Ortamları Ve Kombinasyonları 33

Bekir Erol AK/ Mesut CAN/ Birgül DİKMETAŞ/ Qutbettin YAQUBİ/ İbrahim Halil HATİPOĞLU- Stomaların Bitkiler İçin Önemi Ve Bazı Meyve Türlerinde Stomalar Üzerinde Yapılan Çalışmalar 51

Esma ÖZHÜNER- Tarımsal Ve Hayvansal Ürünlerde Biyoteknolojik Uygulamalar 65

Ebru YILMAZ/ Sevdan YILMAZ- Balık Patojenlerine Karşı Oleuropeinin Antibakteriyel Aktivitesi 83

Hakan Yıldırım/ Helin Buket BİNGÜL- Hatay İli Merkez İlçede Satılan Yumurtaların Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma 91

İhsan Bülent HELVA/ Mustafa AKŞİT- LED Işık Kaynaklarının Etlik Piliçlerin Davranış Özellikleri Üzerindeki Etkisi 113

Metin YAZICI/ Yavuz MAZLUM/ Mehmet NAZ- Polikültürün farklı su kaynaklarında Nil tilapya (*Oreochromis niloticus*) ve kırmızı bataklık kerevitlerinin (*Procambarus clarkii*) büyüme performansına etkisi 127

Samet ACAR/ Ayşegül KAPUCU/ Kadriye AKGÜN DAR- Kortikosteron ve Glukokortikoid Reseptör İnhibitörü Mifepristonun Epileptik Sıçanların Nöbetler ve Anksiyete Düzeyleri Üzerine Etkileri 141

Buket Sevil/ Nilay Gizli- Development of Silane Based Sol-Gel Conversion Coatings on Metal Surfaces for Improvement of Corrosion Resistance 157

Emine Berrin ÇINAR/ Semanur YEŞİLBAĞ- 2-Amino-4-Chlorobenzoic Acid bileşiğinin Kristal Yapısı Ve Hirshfeld Yüzey Analizi 171

Semanur YEŞİLBAĞ/ Emine Berrin ÇINAR- Catena-(Tetra-Aqua-(μ_2-Squarato-O,O')-Cobalt) Bileşiğinin Kristal Yapısı Ve Hirshfeld Yüzey Analizi 181

Şükrü KALAYCI- Kandaki Glikoz Ve Ürik Asit Miktarlarinin Diferansiyel Puls Polarografisi İle Tayini 189

Şükrü KALAYCI- Koyun Ve İnek Karaciğerinde Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi İle B12 Vitamini Tayini 197

İzzet ÖZHAMAMCI- Farklı Emülgatörlerin Keklerin Kalite Kriterlerine Ve Raf Ömrüne Etkisi 203

Zehra Seba KESKİN- *Rhuscoriaria* L. Ekstraktı Kullanılarak Üretilmiş ZnO Nanopartiküllerin Yeşil Sentezinde pH Etkisi 213

Derviş ÖZTÜRK- Anıt Ağaç Olabilecek Türler Ve Eskişehir İlindeki Bazı Anıt Ağaçlar 223

Derviş ÖZTÜRK- Dünyada Ve Türkiye'de Botanik Bahçeleri Ve Botanik Müzeleri 235

Necmettin GÜR/ Özgür KAHRAMAN- İzmir Kent Merkezi Kamusal Alanlardaki Dikey Bahçe Uygulamaları Ve Potansiyel Alanlar 245

Faruk ALTUN/ Nihat Enver ÜLGER/ Mustafa KURT- Arazi Yönetimi Anlayışına Dayalı 1:25.000 Ölçekli Arazi Kullanım Envanteri Ve Plan Önerisi: Balıkesir Örneği 257

Nursen IŞIK/ Fatma Meral HALİFEOĞLU- Tarihi Diyarbakir Deva Hamami Taşiyici Sistem Sorunlarinin Gözlemsel Tespiti Ve Değerlendirilmesi 273

Güneş ATACAN KAHVECİOĞLU/ Üstün ATAK/ Yasin ARSLANOĞLU- AHP Yöntemi ile Gemi Balast Suyu Arıtma Sistemlerinin Seçilmesi 291

Berna TOZLU/ Çelebi ULUYOL- Kamu Kurum ve Kuruluşlarında Sosyal Mühendislik ve Siber Güvenlik Algısı 301

Burcu GÜNDOĞAN/ Çelebi ULUYOL- ISO/IEC 27701 Uyumlu Kişisel Veri Yönetim Sistemi Kurulması Üzerine İnceleme 317

İlya KUŞ/ Esra N. YOLAÇAN- Eğitim Sektörü İçin Blok Zincir Uygulamaları 329

Zeynep YURTTAŞ ELABIAD/ Metin ZONTUL/ Volkan DEMIR- Veri Madenciliği Birliktelik Kuralları İle İşletmelerde Stok Yönetimi 347

Esra TAŞTAN ÖZKAN- Tekstil Sektöründe Termal Kameraların Kullanım Alanları 357

Serkan BOZ- Tek Kullanımlık Cerrahi Maskelerde Lastik Dikim Yöntemlerinin Karşılaştırılması 369

Fatma ÖZKAN YÜKSEL/ İdil YİĞİT/ Semiha EREN/ Hüseyin Aksel EREN/ Osman Ozan AVİNÇ- Beta-Siklodekstrinin Tekstil Endüstrisinde Kullanım Alanları 381

İpek YILDIRAN/ Ahmet ERGÜN/ Semiha EREN- r-PET (Recycle Polyester) İplik Boyama İçin Proses Geliştirme 387

M. Zafer BELİRGEN/ G. Bayazit SEKİTMEN/ A. BACIOĞLU/ S. İDE- Nanopartikül Katkılı Polimer Kompozit ile Kaplı Farklı Kumaşların Emd Geçirgenliklerinin İncelenmesi 395

İrem ŞİMŞEK/ Gamze YOLCU/ Merve Nur KOÇAK/ İsmail ALTUNTAŞ/ İlkay DEMİR- Çekirdeklenme Tabakası Sıcaklığının MOCVD Yöntemi İle Büyütülen ALN İnce Filmlerin Kristal Kalitesi Üzerindeki Etkisi 417

Mehmet OKTAY/ Efe TAŞCI- Katı Çözelti İle Güçlendirilmiş Ferritik Küresel Dökme Demir Üretimi 427

İbrahim HAJİ/ Kenan YILDIZ- Gaziantep Bölgesi Diasporitik Boksitin Parçalanma Kinetiği 439

Samet FIDANCIOGULLARI/ Taner GENC/ Ahmet YILDIZ- Çift Kütleli Volanda Kullanilan Eğrisel Yaylarin Dinamik Davranişi ve Gerilmelerinin Sonlu Elemanlar Yöntemleriyle İncelenmesi 449

Memduh KARALAR/ Murat ÇAVUŞLİ- Eurocode 8 Standardi Kapsaminda Yapisal Olmayan Birleşenlerin 3 Boyutlu Deprem Davranışının Değerlendirilmesi 459

Osman GÜNAYDIN/ Kadir GÜÇLÜER/ Muhammed Raşit YALDIZ- Olivin Katkılı Harçların Yüksek Sıcaklık Davranışlarının İncelenmesi 473

İbrahim KOCABAŞ/ HalukYILMAZ- Non-linear Elastic Buckling Load Prediction of Elliptical Arches under a Central Radial Point Load 481

İlhan KARAKUŞ/İsmail ALTUNTAŞ/İlkay DEMİR-Si (111) Alltaşı Üzerine Büyütülmüş AIN İnce Filmlerin Spektroskopik Elipsometri Tekniği İle Optik Karakterizasyonu 489

Mesut Çağatay TOK/Emin Başar BAYLAN- Stok Sınıflandırma Probleminin AHP- ABC-XYZ Bütünleşik Yöntemiyle Çözümü ve Kablo Üretim Sektöründe Uygulanması 499

Vasıf Emre KÖTAN/ Abidin Sefa ASLAN/ Nurdan BİLGİN/ Cengiz TEPE- Döner Ters Sarkaç Üzerinde Birleştirilmiş Kayar Kip Kontrol ve Doğrusal Karesel Düzenleyicinin Benzetim Karşılaştırması 515

Dr. Yasemin ÇELEBİ SEZER - Determination of Antimicrobial and Antioxidant Activities of Water / Or Alcohol Based Commercial Propolis Extracts Used in Meatball Production 529

POSTER BİLDİRİLER 539

Alaaddin GÜNDEŞ /Gökhan CEYHAN/Mustafa SÖYLER- 3b Yazıcılarda Kullanılan Mumların Üretimi Ve Geri Dönüşümü 541

Selim DEĞİRMENTEPE/ Mehmet ÇOLAK- Ahşap Malzemeler: İç Mimarlık Firmaları Üzerine Bir Araştırma 545

ÖNSÖZ

"Bilgi çağı" ya da "dijital çağ" olarak adlandırılan 21. yüzyıl, teknolojik yenilikleri insanlığın hizmetine sunmakla kalmamış, farklı disiplinlerde çalışan pek çok bilim insanının bilgi, birikim ve deneyimlerini başta kongreler olmak üzere değişik platformlarda sunma fırsatını da vermiştir. Bu bağlamda, 9. sunu düzenlediğimiz Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresini (UBAK), 9-12 Aralık 2020 tarihlerinde büyük bir katılım ile online olarak tamamlamış olmanın mutluluğunu yaşamaktayız.

Pek çok üniversiteden önemli sayıda akademisyenin Bilim ve Hakem Kurulunda yer aldığı UBAK, siz değerli katılımcıların iştirak etmesi ile hakem sürecinden geçmiş olan 42 bildiriyi siz değerli okuyucularımızın hizmetine sunmak üzere kitap haline getirmiş bulunmaktayız. Kitabımız multidisipliner içerikte olup genel anlamda Temel Bilimler ve Mühendislik Bilimlerine ait çeşitli eserleri bir araya getirmiş durumdadır.

Değerli vaktini ve bilimsel çalışmalarını bizlerle paylaşan bilim insanlarına, çalışmaların hakemliğini yürüten kıymetli bilim insanlarına, PANDEMİ dönemi hepimiz için geçen zorlu bir süreç iken; etkinliğin sağlıklı ve güvenli dijital bir ortamda gerçekleşmesinde katkıda bulunan tüm bilim dostlarına teşekkürü bir borç biliyoruz.

Yeni bir yıla sayılı günler kala, siz değerli katılımcılarımızın, bilim ve düzenleme kurulumuzun ve tüm insanlarımızın yaşadığı bu sıkıntılı günlerin biteceği, sağlıklı, huzurlu ve başarılı sevdiklerimiz ile birlikte mutlu daha nice yeni yıllar diliyorum…

Sağlıklı ve güzel günlerde yüz yüze etkinliklerle tekrar buluşabilmek dileğiyle…

Saygılarımla,

Dr. Öğretim Üyesi Esma ÖZHÜNER

SENSÖR VE GPS TEMELLİ BİLEKLİK GELİŞTİRİLMESİ VE KORONAVİRÜS (COVİD-19) TEŞHİSİ KONULAN HASTANIN YAPAY ZEKÂ TEKNOLOJİSİNİ İÇEREN KARAR BİLGİ SİSTEMİ İLE TEMAS ETTİĞİ KİŞİLERİ BELİRLEME

Doç. Dr. Murat DENER
Gazi Üniversitesi

ÖZET: Bu çalışma proje olarak hazırlanmış olup, TÜBİTAK TEYDEB Çağrılı 1507 KOBİ Ar-Ge Başlangıç Destek Programı kapsamında 29.03.2020 tarihinde 7200356 kodu ile TÜBİTAK'a sunulmuştur. Fakat projenin kabul eşik değeri altında puan alması nedeniyle kabul edilmemesine karar verilmiştir. Burada, projede yazılan metinde herhangi bir değişiklik yapılmamakla birlikte bir kısmı sunulmuştur. Proje süresi 9 ay olarak önerilen çalışmamıza şu an ne kadar ihtiyaç duyulduğu açıkça görülebilmektedir. Bu çalışmada, Koronovirüsü hayatımızdan nasıl çıkaracağımız ve hangi tedbirleri nasıl almamız gerektiği belirtilmiştir. Mart ayında Koronavirüs ülkemizde ilk çıktığında, Teknoloji Bakanlığı tarafından gönderilen koronovirüse karşı teknolojik çözümler anketlerinde de bu çalışma sunulmuştur. Çalışmanın, koronovirüse karşı teknoloji geliştiricileri için faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Koronovirüs, Sensör, Bileklik, Yapay Zekâ

Sensor and Gps-Based Wristband Development and Determining the People with Its Contact of the Patient Diagnosed of Coronavirus (Covid-19) with Decision Information System Including Artificial Intelligence Technology

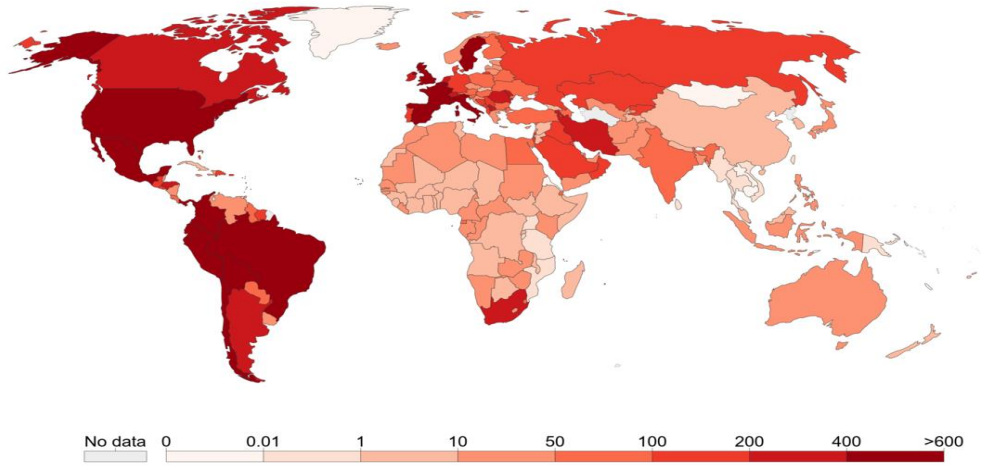
ABSTRACT: This study was prepared as a project and submitted to TÜBİTAK with the code 7200356 on 29.03.2020 within the scope of the 1507 SME R&D Start Support Program Called TÜBİTAK TEYDEB. However, it was decided not to accept the project due to the score below the acceptance threshold. Here, part of the text written in the project is presented, although no changes have been made. It can be clearly seen how much of our work is needed now, with the project duration of 9 months. In this study, it is stated how we can remove the coronavirus from our lives and what measures should be taken.

When the coronavirus first appeared in our country in March, this study was also presented in the technological solutions against coronovirus surveys sent by the Ministry of Technology. The study is considered to be beneficial for technology developers against coronovirus.

Keywords: Coronovirus, Sensor, Wristband, Artificial Intelligence

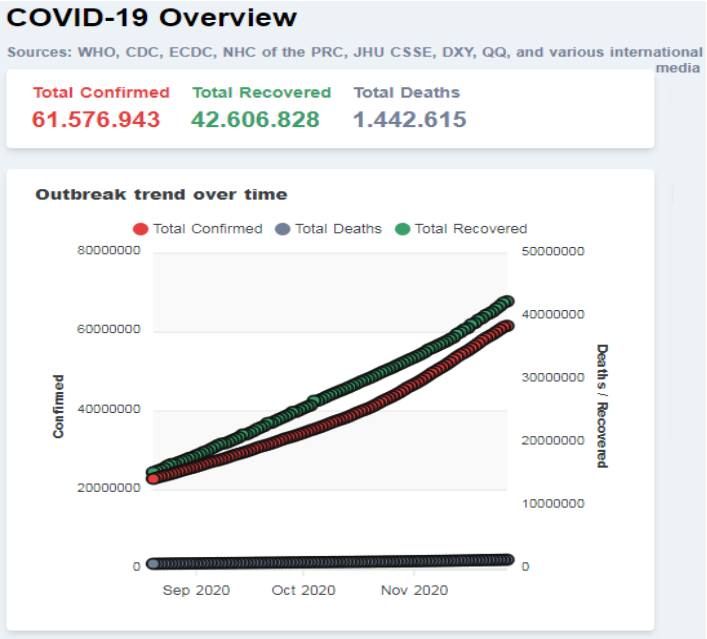
1. GİRİŞ

Dünya Sağlık Örgütü tarafından pandemi olarak belirlenen yeni tip koronavirüs (COVİD-19) tüm dünya gibi ülkemizi de (Şekil 1) etkisi altına almıştır. Özellikle, 65 yaş ve üstü, kronik rahatsızlığı ya da bağışıklık sistemi zayıf olan bireylerde hayati tehlike arz etmektedir. Bugüne kadar edinilen bilgilere göre koronavirüs (COVİD-19) belirtileri arasında yüksek ateş, halsizlik, solunum zorluğu, kuru öksürük vb. sayılmaktadır. Ülkemizde her gün binlerce test yapılmakta olup, binlerce yeni koronavirüs (COVİD-19) teşhisi konan hasta bulunmaktadır. Fakat ülkemizin nüfusunun milyonlar seviyesinde olduğu düşünüldüğünde, bu yapılan binler seviyesinde testlerin de yetersiz olduğu anlaşılmaktadır. 14 gün kuralı şeklinde uyarılar hazırlanarak, bu sürenin önemli olduğu vatandaşlara duyurulmaktadır. Herkesin kendini izole etmesi gerektiği, evde kalması gerektiği belirtilerek, virüsün yayılmasının azaltılması hatta durdurulması düşünülmektedir. Belirtileri kendisinde hisseden vatandaşlarımız en yakın sağlık kuruluşuna gitmekte, burada testini yaptırmaktadır. Eğer test sonucu pozitif çıkarsa karantinaya alınmakta ve bu kişinin yakınlarına da test işlemi uygulanmaktadır. Ama bu kişinin temas ettiği herkes bilinememektedir.



Şekil 1. Koronovirüs Dünya Haritası [1]

Belki de bu kişiden dolayı koronavirüs (COVİD-19) taşıyan bir kişi hala aramızda olabilir. Yapılan araştırmalar ve haberler de bilim kurulu üyelerinin de belirttiği gibi, hiçbir belirti göstermeksizin bir kişi Koronavirüs (COVİD-19) taşıyıcısı olabilir, başkalarına bulaştırabilir, bulaştırdığı kişilerde virüs belirtileri görülebilir. Yani, bizler Koronavirüs (COVİD-19) taşıyıcılarını tespit edemezsek bu döngü artarak (Şekil 2) devam edecektir. Yukarıda belirtildiği gibi, bu şekildeki örnekler daha fazla çoğaltılabilir. Peki, bizler ne yapabiliriz? Tüm bunlar göz önüne alındığında, bizler tedbir - önlem veya savunmadan çok hücuma odaklanıp, bu virüsü nasıl yenebiliriz temel düşüncesi bizlerde oluşmuştur. Çözüm ise şudur: "Koronavirüs (COVİD-19)'un yayılma hızından daha hızlı olabilirsek bu salgını yenebiliriz". Sıradaki sorumuz ise, Peki Koronavirüs (COVİD-19)'un yayılma hızından nasıl daha hızlı olacağızdır.



Şekil 2. Koronovirüs Genel Bakış [2]

Buradaki çözümde çalışmamızın içeriğini oluşturmaktadır. Çalışmada, insanların ateşini, nabzını (virüs için gereken diğer kriterler) vb. ölçebilen saat gibi kola takılabilen bileklik geliştirilecektir. Bu bileklik içerisinde GSM+GPRS+GPS modülde bulunacaktır. Koronavirüs (COVİD-19) teşhisi konan bir kişi için, doktorların

tavsiyesine göre geriye dönük birkaç günlük tarama yaparak, bu kişilerin temas ettiği kişiler veri tabanından çıkarılacaktır. Veri tabanına gelen bilgiler sayesinde, hangi kişiler – ne kadar süre - hangi ortamda - ne kadar yakınlıkta kaldığı tespit edilmiş olacaktır. Bu tespit, Yapay Zekâ teknolojisi (Derin Öğrenme Yöntemleri) ile gerçekleştirilecektir.

2. PROJE AŞAMALARI

Önerilen çözüm, projemizi oluşturmaktadır. Projemiz 5 aşamalıdır.

1. aşama - Bilekliğin tasarımı ve entegresi: Bu aşamada, insanların ateşini, nabzını (virüs için gereken diğer kriterler) vb. ölçebilen saat gibi kola takılabilen Şekil 3'de verildiği gibi bileklik geliştirilecektir. Bu bileklik içerisinde GSM+GPRS+GPS modülde bulunacaktır.

Şekil 3. Örnek Bileklik

2. aşama - Gömülü sistem yazılımları: Geliştirilen bileklik içerisinde bulunan sensör ve modüllere ait sürücü, haberleşme yazılımları gerçekleştirilecektir.

3. aşama - Mobil yazılımlar: Her ne kadar bilekliğin maliyeti asgari seviyede tutulmaya çalışılsa bile, milyonlarca insan düşünüldüğünde maliyet çok fazla olacaktır. Bu açıdan akıllı cep telefonlarımızda sürece dâhil edilmiştir. Başta Adroid, iOS,

Windows (Şekil 4) olmak üzere her bir işletim sistemi için mobil yazılımlar gerçekleştirilecektir.

Şekil 4. Mobil Yazılımlar

4. aşama - Yapay zekâ ile karar bilgi sistemi geliştirilmesi: Proje süresi kısa olduğu için, bulut ve büyük veri altyapısı hizmet alımı ile alınacak, test yapılması gereken insanlara karar veren bir bilgi sistemi geliştirilecektir. Yapay zekâ destekli bilgi sistemi sayesinde, Koronavirüs (COVİD-19) olma ihtimali yüksek olan kişiler belirlenecektir.

5. aşama - Test ve Bakım: Gerçekleştirilen yazılım-donanım ürünlerinin testi yapılacaktır.

3. UYGULAMA

Öncelikle, projenin başlangıcından sonuna kadar Bilim Kurulu Üyeleri başta olmak üzere ilgili doktorlarımızdan öneriler ve danışmanlık alınacaktır. Sağlık kuruluşları veya görevli diğer yetkililer (Eczaneler) tarafından bu bileklik insanlara ulaştırılacaktır. (Nasıl ki otellerde müşterilerini ayırt etmek adına bir bileklik takılıyor. Müşteriler otelden çıkana kadar bu bileklikle kalıyor. Tasarlanan bileklikte, tehlike geçene kadar vatandaşlarımızın kolunda kalacaktır.)

Bu bilekliklere öncelikle bir ID atanacak ardından ilgili vatandaşın koluna takılacaktır. Bu ID T.C. Kimlik Numarası olacaktır. Bu şekilde, nüfus cüzdanı gibi cep telefonu gibi bu bilekliklerde kişiye özel ve sahiplenebilir olacaktır. Bu bilekliğin takılı olduğu kişilerin ateş-nabız vb. değerleri belirli aralıklarla otomatik olarak ölçülecek ve ölçülen değerler veri tabanında kaydedilecektir. Bu değerler, Koronavirüs (COVİD-19) için önceden belirlenen eşik değerlerden uzun süre yüksek olduğu, Yapay Zekâ tabanlı Bilgi Sistemi sayesinde belirlendiğinde, bu kişilerin koordinatları en yakın sağlık kuruluşlarına iletilecektir. Sağlık kuruluşları da acilen bu hastaya ve

yakınlarına ulaşıp, ilgili testi ve daha sonra gereğini yapacaklardır. Kişiler yer değiştirdiğinde anlık olarak zaman-koordinat bilgisi de ana veri tabanına kaydedilecektir. Koronavirüs (COVİD-19) teşhisi konan bir kişi için, doktorların tavsiyesine göre geriye dönük birkaç günlük tarama yaparak, bu kişilerin temas ettiği kişiler veri tabanından çıkarılacaktır. Bu çıkarılan kişilerin koordinatları da en yakın sağlık kuruluşlarına iletilecek olup, ilgili kişilere de test yapılacaktır. Veri tabanına gelen bilgiler sayesinde, hangi kişiler - ne kadar süre - hangi ortamda - ne kadar yakınlıkta kaldığı tespit edilmiş olacaktır. Bu tespit, Yapay Zekâ teknolojisi (Şekil 5) ile gerçekleştirilecektir. Bu sayede, Koronavirüs (COVİD-19)'a dair sayılan tüm problemler ya da farklı senaryolar giderilmiş olacaktır.

Şekil 5. Yapay Zekâ Teknolojisi [3]

Tüm sağlık kuruluşları, eczanelerde bu bileklikler bulunacaktır. Nasıl ki Koronavirüs (COVİD-19) test kiti vatandaşlarla ücretsiz olarak sunuluyorsa bu bileklik de bu şekilde olabilir. Her ne kadar bilekliğin maliyeti asgari seviyede tutulmaya çalışılsa bile, milyonlarca insan düşünüldüğünde maliyet çok fazla olacaktır. Bu açıdan akıllı cep telefonlarımızda sürece dâhil edilmiştir. Yapılan akıllı uygulamalar ile kişiler yer değiştirdiğinde anlık olarak zaman-koordinat bilgisi de ana veri tabanına kaydedilecektir. Akıllı Uygulamalardan gelen veriler ile bileklikten gelen veriler birbiriyle örtüşmektedir. Yani, akıllı telefonlarda bir sanal bileklik gibi kullanılmış olacaktır. Tek farkı, bileklikte aynı zamanda ateş, nabız gibi değerlerin ölçülüp, kontrol edilmesidir.

Burada, hastaneye gelen vatandaşlar, dışarda çalışan görevlilere bileklik takılabilir. İsteyende eczanelerden temin edebilir. Evde kalan veya sınırlı sayıda dışarda olan kişilerde akıllı telefonuna ilgili uygulamayı indirebilir. Herkes, kendi ve sevdiklerinin sağlığına önem verdiği için bu işlemlere 1-2 ay süreyle sabır gösterebileceği öngörülmektedir. Koronavirüs (COVİD-19) teşhisi konan kişinin, doktor tavsiyesi ile geçmişe dönük birkaç gün içinde kimlerle temas ettiğini "Yapay zekâ ile karar bilgi sistemi" vasıtasıyla çıkarılacaktır. Projeyi de öne çıkaran bölüm burasıdır. Yoksa internette veya literatürde ölçme-gönderme işlemlerine ait birçok materyal mevcuttur. Fakat geliştirilecek bu bilgi sistemi ile Koronavirüs (COVİD-19) teşhisi konan kişinin temas ettiği kişiler % 90 doğruluk oranında belirlenebilecektir. Yapay zekâ tabanlı karar bilgi sisteminde, veriler alındıkça sistem kendi kendine öğrenecek, (hangi değerlere sahip hastalarda virüs var, virüs kimden bulaşmış, tehlike altında olan kişiler kim vb.) bilgileri birkaç saniyede belirlenebilecek ve sonuç olarak birkaç hafta içinde tehlike durdurulmuş olacaktır. Gerçekleştirilecek proje, temas yollu bulaşan farklı hastalıklar için de kullanılabilirdir. Tasarlanan bileklik su geçirmez ve virüs taşıma imkânı olmayan bir maddeden üretilecektir.

4. SONUÇLAR

Bileklik, Gömülü Sistem Yazılımı, Karar Bilgi Sistemi, Mobil yazılımlar bu çalışmanın çıktılarını oluşturmaktadır. Yapay Zekâ Tabanlı Karar Bilgi Sistemi tespit için kullanılacaktır. Bilindiği gibi, Makine öğrenimi algoritmaları, belirli kalıpları görmeyi doktorlarla aynı şekilde öğrenmektedir. Tek fark, algoritmaların öğrenebilmek için çok sayıda somut örneğe ihtiyaç duyması ve bunların titiz bir şekilde dijital ortama aktarılması gerekliliğidir. Bu alanlarda bol miktarda veri bulunması sayesinde, algoritmalar teşhis konusunda en az uzman doktorlar kadar başarılı olabilmektedir. Araştırmalara göre, virüsün insandan insana damlacık yoluyla veya doğrudan temas ile geçebildiği bilinmektedir. Öte yandan öksürük gibi yollarla yüzeylere yayılabilecek solunum damlacıklarının da bir süre bulaşıcılık özelliği taşıdığı gösterilmiştir. Virüs solunum sistemine yerleşmektedir. Yapılan araştırmalar belirti göstermeden virüsü taşıyan, kuluçka dönemindeki kişilerin de bulaşıcı olduğunu göstermiştir. Virüs hasta bireylerden öksürme, hapşırma yoluyla ortaya saçılan damlacıklarla ve hastaların solunum salgılarının temas ettiği yüzeylere dokunulmasından sonra ellerin göz, ağız, burun mukozası teması ile bulaşmaktadır. Genel olarak vücut dışı ortamda uzun süre varlığını sürdürme imkânı olmayan virüslerdir [4,5]. Önerilen projede bulunan karar bilgi sistemi ile şu soruların cevabı bulunabilecektir: Aynı or-

tamda ne kadar süre kaldı? Nerelere uğradı? Ne yaptı? Damlacık yoluyla mı? Doğrudan temas mı? Yüzeye temastan mı kaynaklı? Öyle ise yüzeye bulaştıran kim? Semptom göstermeden virüsü taşıyanlar?. Çalışmanın Ar-Ge İçeriğini, Sensör, GSM+GPRS+GPS teknolojileri, Yazılımlar, Karar bilgi sistemi oluşturmaktadır. Öncelikli alan gerekçesi, Koronavirüs(COVİD-19) ve E-Sağlık Uygulamaları olduğu için teknolojik düzeyi yüksektir. Yenilikçi yönü ise Bileklik (Sensörler+ Modüller), Mobil yazılımlar, Yapay Zekâ tabanlı karar bilgi sistemidir. Koronavirüs (COVİD-19) yayılımını durdurmak için tasarımı yapılan çalışmanın teknoloji geliştiricilerine faydalı olacağı değerlendirilmektedir. Önerilen çalışma sadece Koronavirüs için değil tüm temaslı hastalıklar için bir çözüm oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Coronovirus Resource Center (2020). "COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins", https://coronavirus.jhu.edu/map.html, 27.11.2020.

2. World Health Organization (2020). "WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard", https://covid19.who.int/, 27.11.2020.

3. Forrest, C. (2020). "10 things you need to know about artificial intelligence", https://www.techrepublic.com/article/10-things-you-need-to-know-about-artificial-intelligence/, 27.11.2020.

4. Yıldırım, H. (2020). "Yapay Zekâ ve İnsan Kalabilmek – Bölüm 2", https://www.healthworldnews.net/yapay-zeka-ve-insan-kalabilmek-bolum-2/, 27.11.2020.

5. Acıbadem Coronovirus (2020). "Corona Virüsü (Koronavirüs) Nedir, Belirtileri Nelerdir?", https://www.acibadem.com.tr/koronavirus/koronavirus-coronavirusu-nedir-belirtileri/, 27.11.2020.

RADYOAKTİF İYOT 131 UYGULAMA SONRASI MİDE DOKU HASARINDA p53 TÜMÖR SUPRESÖR GEN ETKİSİNİN REAL TİME PCR VE HİSTOPATOLOJİK ANALİZİ

Uzm. Biyolog Emrah UĞURELLİ
Ankara Eğitim Araştırma Hastanesi

Dr. Öğr. Üyesi F. Azize BUDAK YILDIRAN[2]
Kırıkkale Üniversitesi

ÖZET:

Amaç: Bu çalışmada radyoaktif iyot (I^{131}) uygulanan ratlarda, I^{131} 'in etkilerinin ve p53 geninin ifadesinin belli zaman süreçleri (4. saat, 24. Saat, 48. Saat, 7. gün ve 30. gün) için değerlendirilmesi amaçlandı.

Metod: Bu araştırmada 24 Wistar rat kullanıldı. Kontrol ve herbir zaman dilimi için 4'er örneklik gruplar oluşturuldu. Örneklerin histopatolojik incelemesi yapıldı. Ayrıca Real-time PCR'da genin ifadesi gruplar açısından analiz edildi ve istatistiksel olarak değerlendirildi.

Bulgular: Histopatolojik analizde semikantitatif skorlama veri analizine göre en fazla dejenerasyon 4. saatte gözlenirken en az dejenerasyon 24. saatte gözlendi. Real-time PCR sonucu elde edilen veriler değerlendirildiğinde, gen ifadesinin en az olan grubun 4. Saat olduğu belirlendi. P53'ün ifadesinin en fazla olduğu grup ise 24. Saat olduğu gözlendi.

Sonuç: Çalışmada histopatolojik değerlendirme ve Real-time PCR analizi sonuçları genel olarak uyumlu bulundu. P53 geninin ifadesinin en fazla olduğu süreçte, histolojik olarak dejenerasyonun en az olduğu belirlendi. Bilindiği gibi p53 geni DNA hasarlarında öncül yanıt mekanizması olarak devreye girer. Bu genin cevabı ya hücrede tamir mekanizması devreye girer ya da hücre apoptozise yönlendirilir. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde; I^{131} 'in yarılanma süresi dikkate alındığında16 saat içinde en fazla dejenerasyona neden olduğu, daha sonra p53 geninin aktifleşmesi ile tamir mekanizmasının devreye girdiği söylenebilir. P53 gen ifadesi radyasyonik ajanların dejeneratif etkisini en aza indirgediği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: I-131, p53, tiroit, mide, radyoaktif iyot tedavi, Real Time PCR

Analysis of p53 Tumor Supressor Gene Effect with Real Time PCR And Histopathological In Stomach Tissue Damage After Radioactive Iodine 131 Application

ABSTRACT:

Objectives: This study aims to the effects of I 131 and the expression of the p53 gene are determined for certain time periods (4 h, 24 h, 48 h, 7 day and 30 day) in the radioactive iodine (I 131) applied rats.

Metod: In this research were used twentyfour Wistar rats. Groups of 4 samples were created for control and each time. Histopathological examination of the samples was performed. It was also analyzed the gene expression by Real-time PCR for the groups and statistically assessed.

Findings: According to semiquantitative scoring data in histopathological analysis was observed, the most degeneration at the 4th hour and the least degeneration was observed at the 24th hour. The data obtained from Real-time PCR were evaluated, it was determined that the minimum group of gene expression was 4th hour. The group that the highest expression of P53 was observed at 24 hours.

Results: In the study were found as histopathological evaluation and RealTime PCR analysis are generally compatible. It was determined that the histologically degeneration was the least in the process in which the expression of the P53 gene was the highest. As is known, p53 gene acts as a premise response mechanism in DNA damages. This genetic response is either driven by the repair mechanism in the cell, or the cell is directed to apoptosis. When the obtained data are evaluated; Considering the half-life of I 131, it can be said that the most degeneration occurred within 16 hours, and then the activation mechanism of the p53 gene and the repair mechanisms was acted in the cell. It is thought that P53 genes reduce degenerative effects of radiation agents at the least.

Keywords: I-131, p53, thyroid, stomach, radioactive iodine treatment, Real Time PCR

1. GİRİŞ

Radyoaktif iyot (I-131), besinlerle alınan iyodun radyoaktif şeklidir. Sodyum iyodür (I-131) oral çözelti teşhis ve tedavi amacıyla kullanılan radyofarmasötik bir ilaçtır. Sodyum İyodür vücutta tiroit tarafından tutulur, beta ve gama ışınları yayar. Bu özelliklerinden dolayı nükleer tıpta tiroid bezinin çeşitli hastalıklarının tanısında kullanılırken, tiroid kanseri, toksik nodüler guatr ve toksik diffüz guatr için de tedavi amacı ile kullanılmaktadır (Samuel vd., 2006:166, Mejer vd., 2002:861).

Bu tedavi de amaç, hedef hücrelerde radyasyon etkisine bağlı sitotoksik etki (hücre ölümü) oluşturulurken, hedef hücreleri çevreleyen dokularda hücre hasarını mümkün olan en az seviyede tutmak ve vücudun geri kalan kısımlarını radyasyonun zararlı etkilerinden korumaktır. Fakat**,** normal biyodağılımı tükrük bezlerine, mideye ve üriner sisteminde etkili olduğundan dolayı tedavi sırasında bu organlar da radyasyon almaktadırlar (Morgan vd., 2003:1314, Yakozaki vd., 1999:192).

Radyasyonun normal dokuyla etkileşme süresine ve maruz kalınan doza bağlı olarak erken ve geç dönem yan etkiler oluşmaktadır. Bu yan etkilerden en sık gözlenen etki mide doku hasarına bağlı gelişen yanetkilerdir. Nadalud ve ark. yaptığı bir çalışmada 0.5 Gy'lik X-ışınına maruz bırakılan sıçanlara ait mide dokuları incelendiğinde; mide epitel hücrelerinin dejenere olduğu, epitel bütünlüğünde bozulmaların meydana geldiği, yüzey örtü epitel hücrelerinde kayıplar oluştuğu, mukozanın altında yerleşim gösteren mide bezlerinin dilatasyona uğradığı, bez hücrelerinin düzensiz yerleşim gösterdikleri, aralarında hemorajik odakların bulunduğu, submokozada yer yer hemorajik alanlar, lamina propriada ise hücre infiltrasyon alanları gözlendiği bildirilmiştir (Nadalud ve Ford 2013:9).

Midede akut dönemde meydana gelen radyasyonik hasarın; ülserasyon, atrofik gastritis, mide asit sekresyonunda azalma ile karakterize olduğunu ifade edilmektedir. Kronik dönemde oluşan radyasyon hasarı ise dispepsi, gastrit ve ülserasyon ile karakterize edildiği, yüksek dozda X ışını verildiğinde, sıçanların mide yüzeyinin tümünün fibrin tabaka ile kaplandığı bildirilmektedir. Ayrıca submukozada ödem, lamina propriyada inflamasyon, keratinleşmede artış, epitelde erozyon, yüzey ve boyun mukus hücrelerinde bozulmalar, pariyetal ve esas hücrelerde dejenerasyon belirlenmiştir (Abdel-Salam vd. 1985:81, Dubois vd. 1988:7, Breiter vd. 1989:84, Dubois vd. 1985:81).

Bu çalışmada I^{131} uygulanan ratlarda, I^{131} 'in etkilerinin histopatolojik ve p53 geninin ifadesinin belli zaman süreçleri (4. saat, 24. Saat, 48. Saat, 7. gün ve 30. gün) için değerlendirilmesi amaçlandı.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

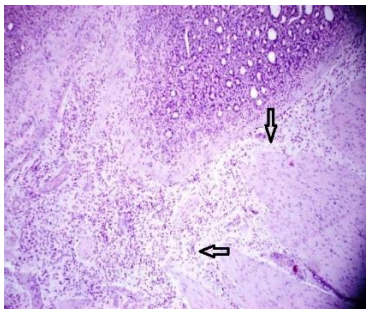
Çalışmada, 24 adet erkek Wistar türü ratlardan (ortalama ağırlığı 285±55 gr, 6-8 aylık) kontrol grubu dahil olmak üzere dört birey içeren gruplar oluşturuldu. 4. saat, 24. saat ve 48. saatlerde ratlara 3 mci iyot-131 maddesi uygulandı. Daha sonra mide dokuları çıkarılıp, histopatolojik inceleme ve Real-Time PCR için uygun koşullarda saklandı. Çalışmada histopatolojik inceleme için hematoksilen ve eozin

(HE) ile boyanan örneklerin trinoküler ışık mikroskobunda (Olympus BX51) değerlendirildi ve fotomikrografları çekildi.

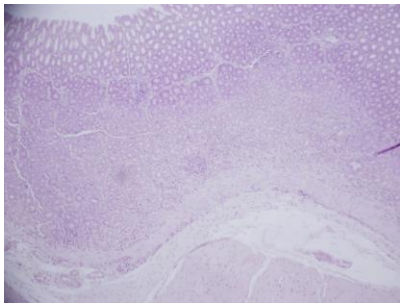
Çalışmada Hidroliz prob kullanılarak oluşturulan 6 grupta p53 geninin ifadesi LightCycler 480 cihazında incelendi. Hidroliz prob master PCR su (4µl), Probes Master (10µl), Real Time Ready Assay (1µl) toplam hacim 15 µl olacak şekilde hazırlandı. gerçek zamanlı PCR analizi LightCycler Yazılımı kullanılarak analiz edildi. Bağıl transkript seviyeleri housekeeping gene dayalı olarak hesaplandı. İstatistiksel analizler "Statistical Package for Social Sciences" (SPSS/PC 23. 0) paket programı ile yapıldı. p53 geni için; Kruskal Wallis Testi ($p = 0.034 < p=0.05$), daha sonra Mann Whitney U testi istatistiksel analizi yapıldı. 0.05'den daha düşük bir P seviyesinin Mann-Whitney U testi için önemli olduğu kabul edildi.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

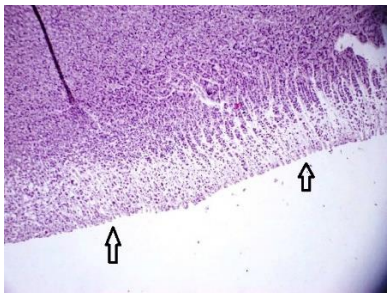
Çalışmada örneklerin histopatolojik analiz sonucu elde edilen fotomikrografları Şekil 3.1-3.6'da verildi. Örneklerin histopatolojik değerlendirme ve semikantitatif skorlama sonuçları ise Çizelge 3.1'de verildi.



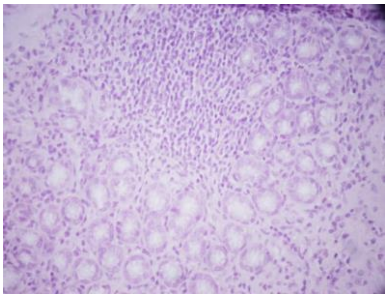
3.1: Mide submukozasında yaygın ödem ve yangısal hücre infiltrasyonu, Grup 2, Hematoksilen eozin boyama, x120.



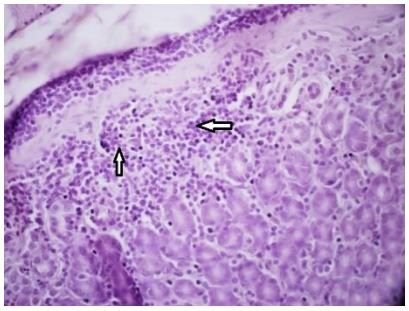
3.2: Mide propriya mukoza katında yangısal hücre infiltrasyonu ve submukozal ödem, Grup 2, Hematoksilen eozin boyama, x80angısal hücre infiltrasyonu ve



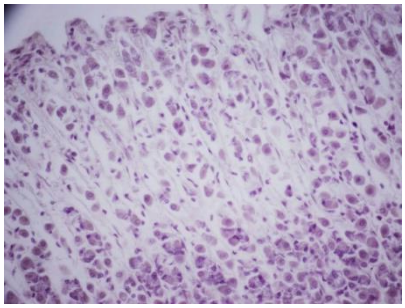
3.3: Lamina epitelyaliste dejenerasyon ve nekrotik değişiklikler, propriyal bezlerde hiperplazi ve rejeneratif faaliyet. Grup 4 Hematoksilen eozin bovama, x80



3.4: Mide mukozası propriya l bezlerde dejenerasyon ve bez epitellerinde yer yer
nekrotik değişiklikler gözlenmekte. Grup5, Hematoksilen eozin boyama,x240



3.5: Mukoza yüzey epiteli ve propriyal bezlere kadar uzanan epitel hücrelerinde nekroz. Grup4, Hematoksilen eozin boyama, x240



3.6: Propriyal bezler arasına yayılım gösteren çoğunlukla mononükleer inf-lamatuar hücre infiltrasyonu ile ödem. Grup 6, Hematoksilen eozin bo-

No	Yüzey epiteli nekrozu	Propriya/ submukozal yangı	Hiperemi	Ödem	Propriyal bez durumu	Nekroz	Epitelyal hiperplazi
G1R3	–	2	1	–	1	–	–
G1R9	1	2	1	1	1	–	–
G1R10	–	2	2	1	1	–	–
G1R12	–	3	2	3	2	–	–
G2R1	1	4	3	3	2	3	1
G2R2	–	3	2	2	1	–	–
G2R4	1	1	2	1	2	–	–
G2R6	2	3	2	2	2	2	1
G3R2	2	2	2	1	1	–	–
G3R3	–	1	3	1	1	–	–
G3R5	1	1	2	1	1	–	–
G3R6	1	3	1	1	1	–	–
G4R3	–	1	2	2	2	–	–
G4R4	–	1	1	2	3	–	–
G4R5	3	4	2	3	4	2	1
G4R6	2	1	3	1	1	–	–
G5R2	–	1	1	–	2	–	–
G5R3	2	1	2	3	3	1	–
G5R4	1	2	2	2	3	–	–
G5R6	2	2	2	1	2	–	–
G6R1	–	2	3	1	2	–	–
G6R2	–	1	1	2	3	–	–
G6R4	–	4	2	2	3	–	–
G6R6	–	4	2	3	3	–	–

Çizelge 3.1:Değerlendirme ve Semikantitatif Skorlama Sonuçları

Akut (4.- 48. Saatler arası) dönemde;

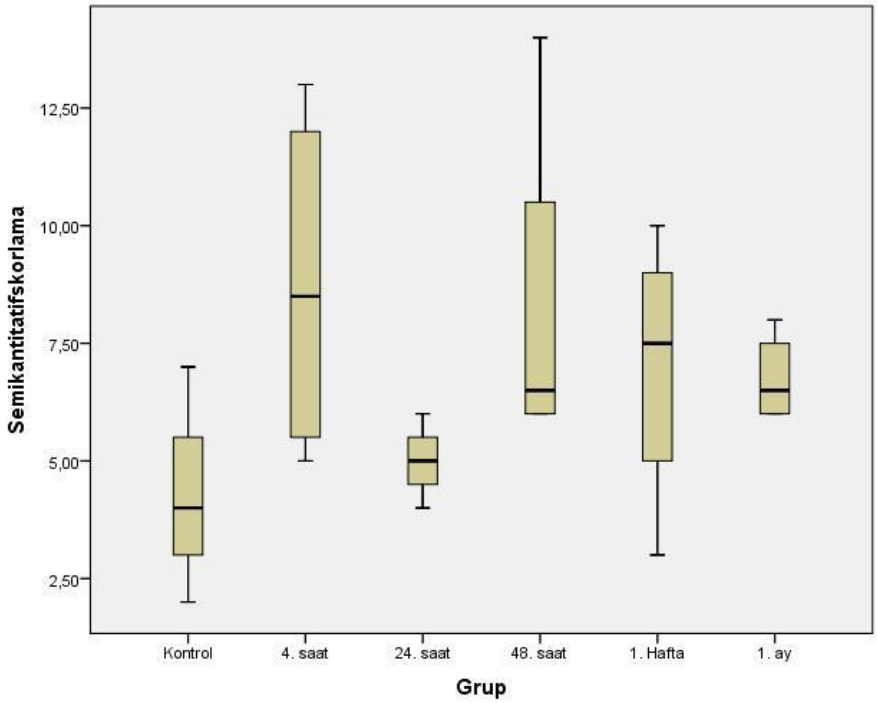
Yüzey epitel yangısı, hiperemi ve ödem oluşumunun yapılan *Mann Whitney u testi* sonuçlarına göre; 4., 24. ve 48.saatlerde anlamlı düzeyde artış olduğu ve akut dönem diye tanımlanan bu süreçte yukarda belirtilen yangıların şiddetli olduğu gözlemlendi. Epitelyal hasarın 48. saatte maksimum düzeye ulaştığı gösterilmiştir. Mide mukoza dokusu trinoküler ışık mikroskobu ile incelendiğinde 4. ile 48. saatleri arasında yangı oluşumu belirlendi. Periferal bezlerde minimal düzeyde dejenaratif değişiklikler tespit edildi. Histopatoloji analiz grafiği Şekil 3.7'de verildi.

Subakut (1. Hafta) ve Kronik (1. ay) dönem;

Yüzey epitel yangısı, hiperemi ve ödem akut dönem şiddetli yangılarının 1. haftanın (subakut dönem) bitiminde azaldığı gösterilmektedir.

Kronik (1. ay) dönem sonunda ise Yüzey epitel yangısı, hiperemi ve ödem yangılarının kontrole yakın düzeyde olduğu belirlendi.

Periferal bezlerdeki dejeneratif değişikliklerin ise akut dönemde minimum düzeyde seyir etmesine rağmen zaman içerisinde artış gösterdiği tespit edilmiştir.



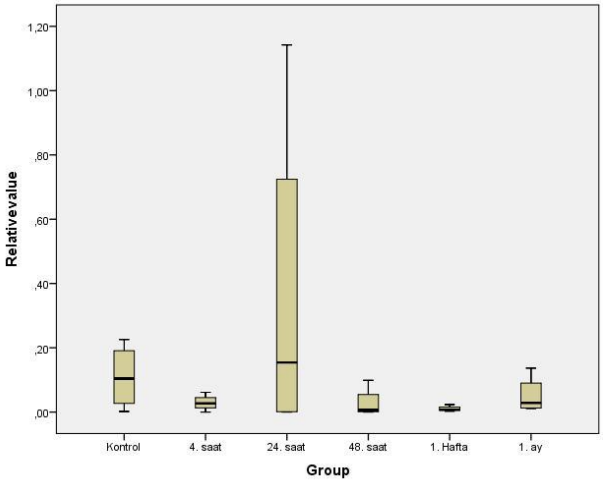
3.7: Histopatoloji analiz grafiği

Real Time PCR Analizi:

Çalışmada Real-Time PCR analizinde her döngü, LightCycler Yazılımı kullanılarak analiz edildi. Grupların Mann Whitney U test ile grupların karşılaştırmalı matriks değerleri (* $p < 0.05$) Çizelge 5'te verildi. p53 geni için relative value değerleri bakımından grupların karşılaştırmalı grafiği Şekil 7'de verildi.

Çizelge 3.2: p53 geni için Mann Whitney U test ile grupların karşılaştırmalı matriks değerleri

Grup	Mann whitney u	P değeri
1-2	4.000	0.248
1-3	8.000	0.000
1-4	4.000	0.248
1-5	4.000	0.248
1-6	5.000	0.386
2-3	6.500	0.663
2-4	6.500	0.663
2-5	4.000	0.248
2-6	7.000	0.773
3-4	6.500	0.663
3-5	8.000	1.000
3-6	8.000	1.000
4-5	7.000	0.773
4-6	3.000	0.149
5-6	2.000	0.083



3.8: p53 geni için relative value değerleri bakımından grupların karşılaştırmalı grafiği

Günümüzde yapılan kanser ile ilgili araştırmalarda epigenetik mekanizmaların etkili ve önemli olduğu anlaşılmıştır. Mekanizmaların anlaşılması ile bu hastalığın teşhis ve tedavisinde etkili sonuç alınması mümkün olacaktır. Son yıllarda yapılan çalışmalar ile hücre döngüsü ve apoptozisi kontrol eden onkogenlerde, tümör supresör genlerde ve tamir genlerinde meydana gelen epigenetik ve çok faktörlü genetik değişikliklerin gastrik kanser oluşumunun mekanizmalarındaki etkileri gösterildi (Barisic vd., 2003:151). Sözü edilen gruplardaki değişikliklerin tümör hücrelerinin apoptozise uyarılmasına karşı hassasiyetinde farklılaşmaya neden olduğu bildirildi (Brouckaert vd., 2004:1089). Bunlara ek olarak; tiroid hastalarında yaygın olarak kullanılan RAI tedavisi, oral yolla alındığında ilk olarak mideye ve daha sonra hedef bölge olan tiroid bezine etki etmekte, bunun sonucunda da midede tahribata neden olmaktadır. Oluşan tahribat mide mukoza hücrelerinde apoptozise gidişi artırmaktadır. Gastrik hücrelerde; DNA hasarı, apoptozis ve hücre döngüsü proteinlerinin ekspresyonu gibi çeşitli varyasyonlara bağlı olarak apoptozis meydana gelmektedir(Hupertz vd., 1999:1). Gastrik hasar oluşumu çoklu genetik fatörlere bağlıdır ve p53 geninin ifadesi de bu süreçteki en önemli faktörlerden biridir. p53; hücre döngüsünü kontrol eder, DNA tamir mekanizması ile oluşan hasarı telafi etmeye çalışır ancak hasarlı hücre kurtarılamazsa hücreyi apoptozise yönlendirerek aktivasyon göstermektedir. Çalışmada nükleer tıpta uygulanan radyafarmosötik ajanlardan I ^{131}'in Wistar ratlarda 4. saat, 24. Saat, 48. Saat, 7. gün ve 30. gün için p53 gen ifadesini nasıl etkilediği ve bu süreçlerde meydana getirdiği histopatolojik dejenerasyonlar incelendi. histopatolojik değerlendirme ve Real-time PCR analizi sonuçları genel olarak uyumlu bulundu. DNA hasarlarında öncül yanıt mekanizması olarak işlev gören p53 geninin mekanizmasının kanser türlerinde tam olarak belirlenebilmesi ile bu hastalıkta etkin tedavi yöntemlerinin oluşturulmasında büyük önem taşımaktadır. I^{131}' in mide dokusunda p53 geninin aktivitesine etkisi bakımından araştırılmasına dair bilinen bir çalışma yoktur. Bu ve benzeri çalışmalar radyafarmosötik ajanlara karşı p53 gen ifadesinin anlaşılması açısından bilgi birikimine katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

4. KAYNAKLAR

Abdel-Salam O. M, Hadajat I, Bayomy A. R, El-Shinawy S, Arbid M. S. Acute effect of gamma irradiation on gastric acid secretion and gastric mucosal integrity in the rat. Scientific World Journal. 5:195-204, 2005.

Amdur R. J, Mazzaferri E. L., "Half-life and emission products of I-131. Essentials of Thyroid Cancer Management" (Amdur RJ, Mazzaferri EL, ed). New York. Springer Science. 165-168, 2005.

Barisic K, Petrik J, Rumora L (2003): Biochemistry of apoptotic cell death. Acta Pharm., 53: 151-164

Breiter N, Trott K. R, Sassy T. Effect of X-irradiation on the stomach of the rat. Int J Radiat Oncol Biol Phys.; 17(4):779-84, 1989.

Brouckaert G, Kalai M, Krysko D V, Saelens X, Vercammen D, Ndlovu M, Haegeman G, D'herde K, Vandenabeele P (2004): Phagocytosis of necrotic cells by macrophages is phosphatidylserine dependent and does not induce inflammatory cytokine production. Molecular Biology of the Cell, 15: 1089-1100

Dubois A, Danquechin D. E, Wood LR, Rogers J. E, O'Connell L, Durakovic A, et al. Effect of gamma-irradiation on the healing of gastric biopsy sites in monkeys. An experimental model for peptic ulcer disease and gastric protection. Gastroenterology.; 88:375-81, 1985.

Dubois A, Walker R. I. Prospects for managementof gastrointestinal injury associated with the acute radiation syndrome. Gastroenterology.; 95(2):500-7, 1988.

Huppertz B, Frank H G, Kaufmann P (1999): The apoptosis cascade; morphological and immunohistochemical methods for its visualization. Anat. Embryol., 200: 1-18.

Meier D. A, Brill D. R, Becker D. V, Clarke SEM, Silberstein E. B, Royal H. D, Balon H.R. "Procedure guideline for therapy of thyroid disease with (131) Iodine" J Nucl Med 43: 856–861, 2002.

Morgan C, Jenkins G. J, Ashton T,." Detection of p53 mutations in precancerous gastric tissue" Br J Cancer; 89:1314, 2003.

Nadalud LD, Ford J.M., "Molecular profiling of gastric cancer: toward personalized cancer medicine" J Clin Oncol, 1;31(7):838-9, 2013.

Samuel, A. M, Rajashekharrao B.,. "Radioiodine therapy of differentiated thyroid cancer" World J Nucl Med 5: 166-180, 2006.

Yokozaki H, Shitara Y, Fujimoto J., "Alterations of p73 preferentially occur in gastric adenocarcinomas with foveolar epithelial phenotype" Int J Cancer, 83:192, 1999.

Ek 1: Mide mukozasında Değerlendirilen Histopatolojik Kriterler

Dikkate alınan kriter			
Mide mukozasında Değerlendirilen Histopatolojik Kriterler	Yüzey Epitel Nekrozu		+1
		Yaygınlığına göre	+2
			+3
	Propriya/Submukoza Enflamasyon		+1
		Şiddetine göre	+2
			+3
	Hiperemi		+1
		Yaygınlığına göre	+2
			+3
	Ödem		+1
		Yaygınlığına göre	+2
			+3
	Propriyal Bez Dejenerasyonu		+1
		Yaygınlığına göre	+2
			+3
	Nekroz		+1
		Şiddetine göre	+2
			+3
	Epitelyal Hiperplazi		+1
		Şiddetine göre	+2
			+3

ODUNSU SÜS BİTKİLERİNİN MİKRO ÇOĞALTIMINDA KULLANILAN BESİ ORTAMLARI VE KOMBİNASYONLARI

Bekir Erol AK
Harran Üniversitesi

Elif SUBAŞI
Harran Üniversitesi

İbrahim Halil Hatipoğlu
Harran Üniversitesi

Birgül DIKMETAŞ
Harran Üniversitesi

ÖZET: Bitkilerde in vitro kültür çalışmaları bitkinin; tohum, embriyo, doku ve hücre gibi organlarının steril koşullarda ve suni besin ortamlarında çoğaltılmasını ifade etmektedir. Bitkinin in vitro gelişmesinde ve büyümesinde genetik yapı ve büyüme faktörleri kadar ortamın ihtiva ettiği besin maddeleri, bir takım organik maddeler ve sterilizasyonda uygulanan aşamalar da önemli rol oynamaktadır. Meyvecilik ve süs bitkileri yetiştiriciliğinde kullanılan odunsu bitkilerde söz konusu ortamlar ve sterilizasyon evresi bir takım farklılıklar gösterebilmektedir. Aynı zamanda söz konusu iki alanda da aşılı fidan kullanımı son derece önem taşımaktadır. Bu anaçlar, tohumla daha kolay çoğaltılabilmesine rağmen, heterozigot yapı nedeniyle açılım meydana göstermekte ve bir takım sorunlarla karşılaşılmaktadır. Bu bağlamda dolayı aşılı fidan üretiminde klon anaçları tercih edilmektedir. Bunun yanında klon anaç kullanımında, genotipin devamlılığı sağlanmakta olup doku kültürü ile yapılan çoğaltımlar neticesinde aşı uyuşmazlığı sorunu ortadan kalkmaktadır. Aynı zamanda mikroçoğaltım çalışmalarında başarı her anaç için ayrı bir protokolünün geliştirilmesi ile sağlanabilmektedir. Bu bakımdan odunsu bitkilerde anaçların mikroçoğaltım katsayılarının artırılması amacıyla yeni büyümeyi düzenleyici madde kombinasyonlarının denenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, söz konusu bitkilerde uygulanmış ortamlar ilgili literatürler taranarak tespit edilmiş, bazı türlere göre kullanılan protokoller belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: In vitro, mikroçoğaltım, süs bitkileri, doku kültürü

Nutritional Media and Combinations Used in Micro Reproduction of Woody Ornamental Plants

ABSTRACT: In vitro culture studies of the plant; It refers to the reproduction of organs such as seeds, embryos, tissues and cells in sterile conditions and artificial nutrients. The nutrients contained in the environment, some organic substances and the stages applied in sterilization play an important role in the in vitro development and growth of the plant, as well as the genetic structure and growth factors. In woody plants used in fruit growing and ornamental plant cultivation, the aforementioned environments and sterilization stage may show some differences. At the same time, it is extremely important to use grafted saplings in both areas. Although these rootstocks can be propagated more easily by seeds, due to the heterozygous structure, opening occurs and a number of problems are encountered. In this context, clone rootstocks are preferred in grafted sapling production. In addition, in the use of clone rootstocks, the continuity of the genotype is ensured and the problem of vaccine incompatibility is eliminated as a result of the reproduction made with tissue culture. At the same time, success in micropropagation studies can be achieved by developing a separate protocol for each rootstock. In this respect, it is necessary to try new growth regulating substance combinations in order to increase the micropropagation coefficients of rootstocks in woody plants. In this study, the environments applied to the plants in question were determined by scanning the relevant literature, and the protocols used according to some species were determined.

Keywords: In vitro, micropropagation, ornamental plants, tissue culture

1. GİRİŞ

Bahçe bitkileri, genelde tohum, çelik ve diğer vegetatif çoğaltım yöntemleri ile başarılı bir şekilde çoğaltılmasına rağmen, özellikle uygun olmayan toprak ve iklim koşulları ile hastalıklar anaç kullanımını zorunlu hale getirmektedir. Bundan dolayı, yetiştiriciliği yapılan birçok bahçe ve süs bitkisi aşılanmakta olup aşılanan çeşidin özellikleri üzerine anacın etkisi de büyük önem taşımaktadır. Bahçe tesisi, fidanlık kurulması ve peyzaj plantasyonu aşamalarında uygun anaç seçimi oldukça önemli bir konudur. Ekolojik etkenler ile hastalık gibi sınırlayıcı ve engelleyici semptomlar doğru anaç seçimi ile büyük ölçüde giderilebilmektedir. Plantasyonda kullanılan bitkilerin düşük sıcaklığa dayanıklı olmaları, bir takım toprak özelliklerine ve kentsel peyzajın getirmiş olduğu bir takım kısıtlamalara toleranslı hale gelmesi açısından da anaç kullanımı oldukça önemlidir. Bu doğrultuda, klon anaç kullanımı ile

genotipin devamlılığı sağlanmakta olup doku kültürü ile yapılan çoğaltımlar neticesinde aşı uyuşmazlığı sorunu da ortadan kalkmaktadır.

Bu bağlamda; in vitro koşullarda ve steril şartlar altında, etkili ve uygun maliyetli sürgün çoğaltma ve köklenme protokolü geliştirmek büyük önem taşımaktadır. In vitro mikroçoğaltım bitkilerde elit klonların kısa sürede çoğaltılması, hastalıklardan ari sağlıklı materyallerin elde edilmesi, mevsimlere bağlı kalmaksızın yılın her döneminde üretimin yapılabilmesi gibi bir çok avantaja sahip olan ve bu nedenle de son yıllarda büyük popülarite kazanmış bir kültür tekniğidir. Bu teknik ile beraber; steril koşullarda ve modifiye edilmiş besi ortamları üzerinde kültüre alınmak sureti ile dokulardan, hücrelerden ve/veya tek bir hücreden tam bir bitki elde etmek mümkün olabilmektedir. Bu sayede elit bitki çeşitleri klon olarak çoğaltılabilmekte, tehlike altındaki bitkiler korunabilmekte, bitkisel gen kaynakları saklanabilmekte ve virüssüz bitkiler elde edilebilmekte, buna ek olarak transgenik bitki üretimi sağlanabilmektedir (Babaoğlu vd., 2001).

Genetik materyalin korunması için de doku kültürü oldukça önemlidir. Bu amaçla kallus kültürleri özellikle önerilmektedir. Aynı zamanda süspansiyon kültürleri üzerindeki çalışmalarda büyük gelişim sağlanmış ve birçok bitki türünde tek bir hücreden bitki rejenerasyonu gerçekleştirilmiştir (Ellialtıoğlu vd., 2001).

Çalışma kapsamında ülkemiz ekolojisine uygun meyvecilik ve peyzaj planlama çalışmalarında yaygın olarak kullanılan odunsu bitkiler belirlenmiş, in vitro kültür şartlarında çoğaltılması üzerine çalışılmış literatürler incelenerek, kullanılan besi ortamlarındaki kombinasyonlar ortaya konmuştur. Bu kombinasyonların sürgün uzunluğu ve eksplant başına sürgün sayısı; köklenme aşamasında köklenme oranı ve kök sayısı gibi parametrelere etkileri değerlendirilmiştir.

2. BİTKİ HÜCRE VE DOKU KÜLTÜRLERİNİN BESLENMESİ VE BESİ ORTAMLARI

Bir bitkinin in vitro büyüme ve gelişmesi aşağıdaki faktörler tarafından belirlenir.

a) **Bitkinin Genetik Yapısı**

b) **Besin Maddeleri:** Su, Makro ve Mikro besin elementleri, şeker

c) **Fiziksel Büyüme Faktörleri:** Işık, Sıcaklık, pH

d) **Bazı Organik Maddeler:** Büyüme regülatörleri, Vitaminler

Doku kültürlerinde besin ortamının %95'i sudur. Besin ortamlarının hazırlanmasında kullanılacak suyun kalitesi yüksek olmalıdır. Musluk suyu besin ortamlarının hazırlanmasında kullanılamaz. Besin ortamlarının hazırlığında kullanılacak su en azından deiyonize su olmalıdır. Deiyonize suyun daha sonra iki kez destile edilmesi ise ideal olandır.

Yüksek moleküllü bir polisakkarit olan agar, deniz yosunlarından fabrikasyonla saflaştırılıp yıkanarak elde edilir. Besi ortamlarında kullanılan agarın konsantrasyonu %0,6-0,8 kadardır.

Besi ortamlarında en önemli komponentlerden biri olan şeker, in vitro kültürde fotosentezin olmaması veya az olması nedeniyle büyüme ve gelişme için gereklidir.

Bir bitki hücresi N, P, K, Ca, S ve Mg gibi inorganik elementlere milimol miktarda gereksinim duyar. Bitki hücreleri yalnızca nitrat azotu içeren besi ortamlarında büyüyebilir. Potasyum genellikle besi ortamlarında nitrat veya kloid formunda yer alır. P, Mg, Ca ve S' ün konsantrasyonu 1-3 mM arasında değişir. Fe, Mn, Zn, P, Cu, Mo gibi mikro elementlere mikromol konsantrasyonlarında gereksinim duyulur (Tablo 1).

Tablo 1. Besi ortamlarında bulunan elementler

MAKRO ELEMENTLER	**BİRİM (mM)**	**MİKRO ELEMENTLER**	**BİRİM (µM)**
N	25-60	Fe	1
K	20-30	Mo	1
P	1-3	I	5
Ca	1-3	Zn	5-30
S	1-3	Mn	20-90
Mg	1-3	B	25-100
		Cu	0.1
		Co	0.1

Elementlerin kullanım miktarları farklı araştırıcılar tarafından geliştirilmiş besin ortamı reçetelerinde değişiklik göstermektedir. Bu reçetelerden hangisinin kullanılacağı bitki türü, doku kültürünün tipi, eksplant kaynağı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Doğada bitkiler büyüme ve gelişmeleri için gereksinim duyduğu vitaminleri sentezlerler kültüre alındıklarında ise bazı vitaminler kısıtlayıcı olabilmektedir. B1 vitamini olan Thiominin, Nikotin asit, Pyrodoksin, Pantothenik asit ve Biotin gibi vitaminleri de içermektedir.

In vitro çalışmalarda eksplantlara besin maddesi sağlayan MS besin ortamı en çok kullanılan kimyasallardan biridir. Besin ortamı, formülünde belirtilen organik, inorganik ve diğer maddelerden oluşan, bitkilere topraktan karşıladıkları her besin maddesini ve su gereksinimini sağlayan karışımlardır (Koyuncu, 2008).

MS Ortamı: Tütün için geliştirilmiş yüksek tuz içerikli bir ortamdır. Özellikle düşük yoğunluklarda (1/4, 1/2) birçok bitki türündeki köklendirme çalışmalarında başarıyla kullanılmaktadır.

B5 Ortamı: Soya kallus kültürleri için geliştirilmiş nitrat azotu yüksek bir ortamdır.

LS Ortamı: MS ortamının organik bileşikler bakımından farklı bir ortamıdır.

WH Ortamı: Düşük tuz konsantrasyonlu domates köklerinin geliştirilmesi için kullanılan bir ortamdır.

SH Ortamı: Hem monokotiledon hem de dikotiledonlar için uygun bir besin ortamıdır.

N6 Ortamı: Anter kültürü için geliştirilmiş bir ortamdır.

MS ve LS ortamlarının mineral madde kompozisyonu, özellikle bitki rejenerasyon ortamlarında çok sık kullanılır. B5 ortamı veya bu ortamın değişik varyasyonları, hücre ve protoplast kültürlerinde yaygın olarak kullanılır. B5 ortamı orijinal olarak süspansiyon ve kallus kültürleri için geliştirilmiştir. Fakat bu ortam bitki rejenerasyon ortamı olarak da kullanılır. Bu ortamlarda bulunan makro ve mikro elementler de büyük oranlarda farklılıklar gösterebilmektedir (Tablo 2).

Tablo 2. Farklı besi ortamlarına göre kullanılan makro elementler

BİLEŞİK	**KONSANTRASYON (mg/l)**					
Elementler	**MS**	**LS**	**B5**	**SH**	**N6**	**E1**
$MgSO_4$	370	370	250	400	185	400
KH_2PO_4	170	170	-	-	400	250
NaH_2PO_4	-	-	150	-	-	-
KNO_3	1900	1900	2500	2500	2380	2100
NH_4NO_3	1650	1650	-	-	-	600
$CaCl_2$	440	440	150	200	166	450
H_3BO_3	6.2	6.2	3.0	5.0	1.6	3.0
$MnSO_4$	15.6	16.9	10.0	10.0	3.3	10.0
$ZnSO_4$	8.6	8.6	2.0	1.0	1.5	2.0
Na_2MoO_4	0.25	0.25	0.25	0.1	-	0.25
$CoCl_2$	0.025	0.025	0.025	0.1	-	0.025
KI	0.83	0.83	0.75	1.0	0.8	-
$FeSO_4$	27.8	27.8	-	15.0	27.8	-

3. BESİ YERİ VE KÜLTÜR KOŞULLARI

Mikroçoğaltımda başarının sağlanabilmesi için, büyüme ortamının kompozisyonu ve hormonlar ile beraber sıcaklık, pH, ışık ve nem gibi koşullara bağlıdır. Söz konusu büyüme ortamları bitki gelişmesi için ihtiyaç duyulan tuz, şeker ve vitaminler gibi karışımları içermektedir. Bununla beraber söz konusu ortamlara bazı durumlarda bir takım mikro-elementleri (demir, manganez, çinko, bakır ve kobalt gibi) eklemek gerekebilmektedir. Örnek olarak bazı durumlarda EDTA ile şelatlanmış Demir eklenerek bu element kültür ortamında daha kararlı hale gelebilmekte ve geniş bir pH aralığında absorbsiyon sağlanabilmektedir. Buna ek olarak Fe eklenmesi dört farklı şekilde yapılabilmektedir (demir tartarat, şelat, demir klorür veya demir sülfat) (Gönülşen, 1987).

Bir besi yerinin makro-mikro içerdiği tüm elementleri ile bir başka besiyerinin vitaminleri karıştırılarak yapılan uygulamalarda olumlu sonuçların alındığı tespit edilmiştir. Besin maddelerin bu kombinasyonları ortamdan ortama değişiklikler gösterebilmektedir. Örneğin, MS ortamı odunsu bitkiler için oldukça uygun olmak ile beraber WPM (Woody Plants Medium) ortamı bazı taksonlarda daha iyi sonuçlar verebilmektedir. Bu konuda kesin konuşabilmek için bitkinin verdiği tepkilere bakılarak uygun ortamı seçmek gerekmektedir. Örneğin; sürgün ucu eksplantlarında organogenik kallus oluşumunda ½ MS tuzunun etkili olduğu bazı durumlarda etkili olduğu ortaya konmuştur (Oh vd., 1991).

Besi ortamına inositol ve sorbitol gibi maddelerin katılması embriyo yapısını iyileştirirken, sakaroz kullanımı ise embriyogenesisi teşvik etmektedir fakat sakkorozun oksin sentezleyici etkisi de göz ardı edilmemelidir (Takabe vd., 1971). Bu konuda yapılan çalışmada (Capallades vd., 1991) R.multiflora L. taksonunda farklı sakaroz konsatrasyonları (0, %1, %3, %5) uygulanmış ve doku kültüründe gül yetiştiriciliğinde besi ortamında şeker bulunmayan ortamda gelişen sürgünlerin kloroplastlarında yapısal bozukluklar olduğu gözlenmiştir. Doku kültürü çalışmalarında besin ortamı içerisinde kullanılan karbon kaynakları ve miktarı bitkinin çoğalmasında son derece önemlidir ve genellikle sürgün gelişiminde %3 oranında sakaroz kullanılmaktadır (Pati vd., 2006).

3.1. Büyümeyi düzenleyici maddelerin sınıflandırılması

Besi ortamları (örneğin MS, DKW, WPM vs.) bitki dokularını canlı tutacak şekilde tasarlanırlar. Kültüre alınan bitki dokularının gelişimsel programını yönlendirmek veya kallus dokularını çoğaltmak, sürgünlerden kök üretmek için bitki büyüme düzenleyicilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Büyüme düzenleyiciler, doku kültürü şartlarını iyileştirmek adına üzerinde en çok durulan parametredir.

Doku kültürü için en önemli büyüme düzenleyicileri oksinler, sitokininler ve giberellinlerdir. Hem doğal ve hem de sentetik oksinler ve sitokininler doku kültüründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Oksinler hücre büyümesi ve kök büyümesini teşvik eder. En yaygın olarak kullanılan oksinlerdir (indol asetik asit, indol bütirik asit, naftalen asetik asit, diklorofenoksiasetik asit vs.). Sitokininler hücre bölünmesi ve sürgün büyümesini teşvik eder, oksin benzeri bir bileşik olan TDZ (thidiazuron) ise birçok türde bitki rejenerasyonunun başarı oranını artturmıştır. En yaygın olarak kullanılan sitokininler BAP (henzilaminopürin), zeatin ve kinetindir. Oksin ve sitokininlere ek olarak, absisik asit (Augustine ve D'Souza, 1997; Cardoza ve D'Souza,

2002) ve jasmonik asit (Blázquez vd., 2004) gibi diğer hormonlar da bitki hücre kültürlerinde kullanılmaktadır.

Sitokininlerin besi ortamına ilave edilmesi genellikle somatik embriyo gelişimini engellemektedir fakat bitki gelişimi için içsel hormon seviyesine bağlı olarak çok düşük oranda sitokinin (özellikle BA) gerekli olmaktadır. Aynı şekilde bazı türlerde giberellin de bitki gelişiminde önemli rol oynamakta, örneğin embriyoların bitkiye dönüşümünü teşvik etmektedir (Takabe vd., 1971). Sitokininler, bitki doku kültürü yöntemlerinde hücre bölünmesini uyarma yeteneklerinde olduğu için azotlu purin bazlı adenin türevleri tercih edilmektedir. Hücre bölünmesinin uyarılmasına ek olarak, sitokininler doku kültüründe sürgün ve kök farklılaşması, lateral tomurcukların büyümesi, yaprak gelişmesi, kloroplast gelişimi ve dökülme üzerine etkilidir. Bu olay genelde oksinle beraber kullanımında gerçekleşmektedir. Bu nedenle besi ortamlarına oksin ve sitokinin karışımları eklenmelidir.

Babaoğlu vd. (2001), oksinlerin doku kültürlerinde tek başına kullanıldıklarında kallus uyarımını, hücre süspansiyonlarının elde edilmesini ve somatik embriyo oluşumunun uyarımını sağladığını fakat sitokininlerle beraber kullanıldığında kallus oluşumuna ek olarak somatik embriyo oluşumunun uyarılmasını sağlayabildiklerini belirtmişlerdir. Ayrıca elde edilen sürgünlerin köklendirilmesinde önemli rol oynadıkları ortaya konmuştur. Oksinler de sitokininler de hem sentez oranını hem de birikim ölçüsünü sınırlandırarak sitokinin seviyesi dengesini doğrudan düzenlemektedir (Nordstrom vd., 2004).

Kök uzaması bütün IBA düzeylerinde hem tam hem de yarı güçlü ortamda uyarılma gösterirken, IBA konsatrasyonu arttırılarak (en fazla 1 mg/l) tam MS ve ½ MS fark etmeksizin sürgün başına ortalama kök sayılarında artış meydana gelmektedir. Ortalama köklerin uzunluğu kültür ortamının mineral konsantrasyonu ve IBA tarafından önemli derece etkilenmektedir (Fotopoulos ve Sotiropoulos, 2005).

Morfogenez üzerine pozitif etkileri olduğu bilinen diğer destekleyiciler (büyümeyi arttıran ek bileşikler) olarak bilinenler arasında spermidin, spermin ve putrisin gibi poliaminler sayılabilmektedir (Cardoza ve D'Souza, 2002; El Hadrami ve D' Auzac, 1992; Potdar vd., 1999).

Büyüme hormonlarının birleşim ve konsantrasyonlarını optimize etmek suretiyle küçük dokulardan tam bir bitkiyi rejenere etmek mümkündür. Bitki doku kültüründe diğer bir kritik konu ise gaz halinde bulunan bir hormon olan etilenin kontrolüdür. Bitkiler, in vitro koşullarda kapalı kaplarda büyütüldükleri için etilen birikimi gerçekleşir ve bu da kültürlere ciddi zararlar verebilmektedir. Bu durumlarda, $AgNO_3$ (Giridhar vd.,2001), AVG (aminoethoxyvinylglycin) ve gümüş thiosülfat

(Reis vd., 2003) gibi eklemeler ve bu kimyasalların kombinasyonlarını oluşturmak gerekebilmektedir. Ayrıca ortamda meydana gelen kararmaları önlemek için; aktif karbon, sitrik asit, askorbik asit ve bir takım aminoasitler de eklenmelidir.

3.2. Eksplant kaynağı ve genotip

In vitro çalışmalarda kullanılan bitki parçaları eksplant olarak adlandırılmaktadır. Yüksek oranda başarının sağlanması için, eksplantın hızlı hücre bölünmesine sahip, iyi gelişen ve sağlıklı bitkilerden alınması gerekmektedir. Diğer taraftan, olgun ve yüksek oranda organize olmuş dokuların embriyogenesis kapasiteleri son derece düşük olmaktadır. Odunsu bitkileri de içine alan birçok bitki türünde somatik embriyogenesis için en uygun eksplantın olgunlaşmamış zigotik embriyoların olduğu belirlenmiştir. Ayrıca eksplant alınacak bitkilerin yetiştirilme şartları da embriyogenesiste önemli rol oynamaktadır. Genellikle sera şartlarında yetiştirilmiş bitkilerde dış koşullarda yetiştirilen bitkilere göre daha iyi sonuçlar alınmaktadır (Bajaj, 1989).

Alınacak eksplantın; yaşı, alındığı dönem, büyüklüğü, dönorün kalitesi ve fizyolojik durumu son derece önemlidir. Eksplantın alındığı bitkinin sağlıklı, aktif büyüme başlangıcında olması mutlak bir parametredir. Ayrıca başarı yüzdesi kullanılan bitkinin cins ve türüne göre de farklılıklar gösterebilmektedir. Eksplantın büyüklüğü de kültürdeki başarıyı etkilemektedir. Örneğin, izole edilen eksplantın boyutu arttıkça kontaminasyon riski artmaktadır.

Somatik embriyo oluşturma bakımından türler arasında önemli farklılıklar gözlenmiş, aynı tür içerisindeki farklı genotip ve çeşitlerin dahi embriyo oluşturma yetenekleri farklılık gösterebilmektedir. Genel olarak odunsu bitkiler bu konuda otsu bitkilere nazaran daha nadir rejenerasyon sağlamaktadır.

Kültüre alınan eksplantın durumuna, izole edildiği ana bitkinin fizyolojik durumu direkt etki etmektedir. Örneğin, gübrelenmiş ve gübrelenmemiş bitkiler ile sağlık ve hasta bitkilerden izole edilen bitki parçacığından alınan sonuçlar farklılık göstermektedir (Gönülşen, 1987).

Bütün bu bilgilere ek olarak; adventif sürgün rejenerasyonunun verimliliğinde kültür ortamı, genotip, büyümeyi düzenleyiciler, boy, yaş ve eksplantın pozisyonu, fotoperiyod, ışık şiddeti gibi çeşitli faktörler etkili olmaktadır.

3.3. Sterilizasyon

Başarılı bir mikroçoğaltımın yapılabilmesi için; temiz malzeme kullanımı ve eksplantların yüzey sterilizasyonlarının optimal düzeyde yapılması gerekmektedir.

Kontaminasyondan kaçınmak için bitki ile temas edecek tüm kişi ve ekipmanlar sürekli steril durumda olmalıdır. Bu sterilizasyon genelde %70'lik etanol ile sağlanmaktadır ve Kalsiyum ve sodyum hipoklorit çözeltileri, hidrojen peroksit, gümüş nitrat, civa klorür bu aşamada kullanılan kimyasallardır. Ayrıca *Kloraks* gibi ticari markalar da bu amaç ile üretilmiştir.

Bitki yüzeyindeki mikroorganizmalar bir takım yollarla elemine edilerek mikroorganizmaların doku içerisine girdikleri de bir gerçektir. Örneğin, petunyada yapılan çalışmada (Gönülşen, 1987) bakterilerin hücre aralarına girdiği ve kontaminasyona engel olunamadığı ancak antibiyotik kullanılarak bulaşıklığın engellediği saptanmıştır.

İlgili literatürler tarandığında alınan eksplantların sterilizasyonunda oksijenli su, çamaşır suyu, Tween 20 ve steril saf su gibi bir takım sıvılar kullanılmaktadır. Buradan da anlaşılacağı üzere çalışılan her bir bitki için besi ortamında olduğu gibi sterilizasyonda da optimal dezenfeksiyonu sağlamak için bir kombinasyon (süre, kullanılan madde, çözelti yüzdesi vs.) oluşturmak gerekmektedir. Örneğin; sterilizasyon aşamasının bir ayağı olan çözelti ile sterilizasyonda aynı cins içerisinde yer alan *Rosa damascena* Mill. taksonunda eksplantlara %10'luk NaOCl çözeltisi ile 15 dakika muamele etmek gerekirken (Jabbarzadeh&Khosh-Kihu, 2005), *Rosa canina* L. taksonunda ise %2.5'luk çamaşır suyu çözeltisi ile muamele yeterli gelmektedir (Feyzioğlu, 2002). Bu durum bu türlerin bir takım morfolojik özellikleri ile de değişim göstermektedir. *R.damascena*'dan alınan eksplantlar aşırı dikenli (emergens) bir şekilde iken, *R.canina*'da daha az dikenlilik söz konusudur.

4. ODUNSU BİTKİLERİN DOKU KÜLTÜRÜ İLE ÇOĞALTILMASI

Özkaynak ve Samancı (2003), bazı odunsu peyzaj bitkilerinin (*Malus, Prunus, Pyrus, Ribes, Betula, Populus* vs) mikroçoğaltımının mümkün olduğunu belirtmişlerdir. Buna rağmen, yüksek laboratuvar masrafları, düşük gelişim yüzdesi, fizyolojik olarak üniform olmayan bitki gelişimi gibi sorunlardan kaynaklanan bir takım parametreler sebebi ile söz konusu odunsu bitkilerin otsu bitkilere nazaran ticari kullanımının sınırlı bir düzeyde kaldığı bildirilmiştir.

Mikroçoğaltım çalışmalarının anaçların klonal çoğaltımı için birçok yararının olmasıyla beraber rejenerasyonu izleyen transformasyon için de önem taşıdığı ve sürgün uçlarının diğer eksplantlara göre kolay çoğaldığı belirtilmektedir (Erbaş, 2011).

Jabbarzadeh ve Khosh-Kihu (2005), yağlık gül (*R.damascena*) üzerine yaptığı çalışmada MS ortamında çeşitli hormon konsantrasyonları denemiştir. Bu çalışmada

farklı bitki büyümeyi düzenleyici maddenin kombinasyonlarının bitki gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. Aynı zamanda litrede farklı MS gramajı (1.1g/l, 2.2g/l, 3.3g/l, 4.4g/l) da denenmiştir. Bu doğrultuda en iyi sürgün oluşumu tam MS içeren2.5 mg/l 2,4-diklorofenoksiasetik asit eklenmiş ortamda belirlenmiştir. En iyi sürgün gelişiminin ise 2.5 mg/l BA ile 0.1 mg/l IBA kombinasyonunda olduğunu tespit etmişlerdir.

GF-677 anacının doku kültürü yöntemiyle mikroçoğaltımının araştırıldığı çalışmada (Kamalı vd., 2001), sürgün ucu eksplantlarının Nisan ayında alındığında, 1 mg/l BA içeren besi ortamında kültüre alınmasının en iyi kardeşlenmeyi sağladığı ortaya konmuştur. En yüksek köklenme oranı ise 0.3 mg/l NAA ile 1.6 mg/l thiamine içeren besi ortamında ve 7 günlük tam karanlık uygulamasından elde edilmiştir.

Germana ve Chiancone (2001)'nın, yaptıkları araştırmada *in* vitro'da ilk defa diploid bir citrus çeşidi *(Citrus clementina)* triploid bir *Citrus* (greyfurt çeşidi olan Oroblanco) ile tozlanarak haploid bitkiler elde edilmiştir. Çok yıllık odunsu meyve ağaçlarında haploid bitki eldesi genetik ve ıslah çalışmalarında önemlidir. Temel besin ortamı olarak Nitsch and Nitsch kullanılmıştır. Bitki büyüme düzenleyicilerinden NAA, 2,4-D, kinetin, BA, ve GA_3' ün rejenerasyona etkileri araştırılmıştır. Embriyo elde etme oranı düşük (% 2-3) olmasına karşın, embriyolardan bitki rejenerasyonu yüksek (% 85.7) olmuştur.

Prunus sp. anaç adaylarının in vitro koşullarda çoğaltılması için ortam denemelerinin kurulduğu bir çalışmada (Rodrigues vd., 2003), anaç sürgünlerinden ortalama 1 cm uzunluğunda kesilen sürgün uçları MS, ¾ MS, SH ve Villages ortamlarına dikilmiştir. Araştırmada bitkilerin gelişme, enfeksiyon ve oksidasyon yüzdeleri saptanmıştır. En iyi büyüme, gelişme ve kardeşlenme oranı 5.5g/l agar içeren, ¾ MS ortamında tespit edilmiştir.

Andreu ve Marin (2005), *Prunus* türlerinin anaçlarından olan Adesoto 101 (*P. insititia*)'nın farklı eksplant kaynaklarının farklı kültür ortamlarında rejenerasyon olanaklarını araştırmışlardır. Mikroçoğaltım ve çelikle çoğaltılarak elde edilen bitkilerden elde edilen eksplantlar farklı besin ortamlarında kültüre alınmıştır. Kültür besin ortamı olarak MS, WP ve QL kullanılmış. Çalışma sonucunda mikroçoğaltım ile elde edilen bitkilerden alınan eksplantların daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Kültür besin ortamının kompozisyonu çoğaltım oranını etkilemiştir. 9 alt kültürden sonra QL besin ortamında elde edilen sürgün sayısının MS ve WP besin ortamlarına kıyasla fark edilir şekilde düşük olduğu bulunmuştur.

Özden (2007), GF-677 (*Prunus amygdalus* x *P. persica*) anacının in vitro rejenerasyonu ve mikro çoğaltımını incelediği çalışmasında; 1 mg/l BA içeren MS be-

sin ortamında kültüre alınan sürgünlerin dibinde beyaz yoğun bir kallus dokusu oluştuğu ve bu kallus dokusundan adventif sürgün rejenerasyonunun gerçekleştiğini belirtmiştir. Rejenere olan sürgünler ayrılarak 0.0, 0.1 veya 0.5 mg/l BA, 30 g/l sukroz, 5.5 g/l agar içeren sürgün uzatma ortamında kültüre alınmış, en iyi sonuç 0.5 mg/l BA içeren besin ortamında alınmıştır. Uzatılan in vitro sürgünler köklendirilmek için 0.05, 0.5, 1.0 veya 2.0 mg/l IBA içeren ½ MS besin ortamına aktarılmıştır. 1.0 mg/l IBA içeren ½ MS besin ortamındaki sürgünlerin %84.2'si köklenmiştir. Köklenen bitkicikler başarı ile dış koşullara alıştırılarak %66.4 oranında canlı bitki elde edilmiştir.

Gisela-5 anacının doku kültürü yoluyla çoğaltılma olanaklarının araştırıldığı bir çalışmada (Demirel ve Ülger, 2008), yıllık sürgünlerin yan ve tepe tomurcukları eksplant olarak kullanmışlar ve eksplantlar dezenfekte edildikten sonra çoğaltım aşamasında 1.0 mg/l IBA (indol butrik asit) + 0.75 mg/l BAP (benzil amino pürin), 1.0 mg/l IBA + 1.0 mg/l BAP, 2.0 mg/l IBA + 0.75 mg/l BAP ve 2.0 mg/l IBA + 1.0 mg/l BAP içeren MS besi ortamına almışlardır. Köklendirme aşamasında MS ortamına 0, 1, 2, 4 ve 6 mg/l NAA (naftalen asetik asit) ilave etmişlerdir. Çoğaltım aşamasında en iyi sürgün sayısı 2.93 adet ile 1.0 mg/l IBA + 0.75 mg/l BAP ve en iyi sürgün boyu 1.68 cm ile 2.0 mg/l IBA + 1.0 mg/l BAP uygulamalarından elde etmişler ve en iyi köklendirme ise % 92.88 ile 6 mg/1 NAA uygulamasında saptamışlardır.

Yıldırım vd. (2011), Hacıhaliloğlu kayısı çeşidinin in vitro kültüre alınması, çoğaltılması, köklendirilmesi ve aklimatizasyonuna etki eden faktörler üzerine yapılan çalışmadan alınan sonuçlar ise in vitro kültürlerin başlatılması için, eksplant alım tarihleri arasında belirgin farklılıklar olduğu ve en iyi kültüre başlama zamanının Mayıs ayı olduğu tespit etmiştir. TDZ, BA ve Kin gibi sitokininlerin ayrı ayrı ve BA'in faklı konsantrasyonlarının in vitro kültür üzerine etkileri araştırılmış, sürgün çoğaltımı için BA'nın farklı konsantrasyonları test edilmiş ve bu konsantrasyonlar arasında 1 mg 1-1 BA'nın en iyi sonuç verdiği tespit etmiştir. Sürgün sayısı bakımından ise en yüksek değer (3.42 ± 0.19), 2.0 mg l-1 BA içeren besi ortamında elde etmiştir. Bu oran, 1 mgl-1 BA içeren ortamdan elde edilen değerden istatistiksel olarak farklı olmamasına rağmen, kontrol grubuna göre farklılık göstermiştir. Proliferasyon üzerine karbon kaynaklarının etkisini araştırmak için; glikoz, sakkaroz, fruktoz ve laktozun % 3'lük konsantrasyonları çalışılmış, proliferasyon bakımından test edilen seker tipleri arasında en iyi sonucu sakkaroz vermiştir. En iyi köklenme oranı ise 2.0 mg 1-1 IBA ilave edilmiş MS besi ortamından alındığını bildirmiştir.

Aynı zamanda, mikroçoğaltım, meyve anaçlarının klonal çoğaltımı için birçok yararının olmasıyla beraber rejenerasyonu izleyen transformasyon için de önem taşımakta ve sürgün uçları diğer eksplantlara göre daha kolay çoğalmaktadır.

Thurow vd. (2013), America japon eriğinin in vitro mikroçoğaltımı ve kurulması için yaptıkları çalışmada bazal tomurcukların % 83.33'ü hayatta kaldığı belirlemişler ve sürgün sayısının % 68.08 olan maksimum artışını elde etmişlerdir. Mikroçoğaltım süresince sürgünlerin uzunluğu ve sürgün başına tomurcuk sayısının maksimum değerleri, 0.68 mg 1"1 ve 0.61 mg l"1 BA içeren ortamlarda sırasıyla 1.34 cm ve 14.16 cm olduğunu gözlemlemişlerdir. Uzama testinde, aktif kömürlü ortamda 0-10 mg 171 GA3'nın kullanımi ile sürgün oluşumunda 1.14'ten, 3.50 cm' ye lineer bir artışın gerçekleştiği saptamışlardır. cv. America için kurulumda apikal tomurcuklardan daha çok bazal tomurcukların hayatta kaldığı sonucuna varılmıştır. 0.25 mg 171'den, 0.50 mg l"1 BA arasındaki konsantrasyonlar in vitro mikroçoğaltım için daha uygundur ve aktive edilmiş kömür, 1.0 mg l"1 GA3 ve 2.0 mg 1"1 içeren MS ortamı sürgünlerin uzamasını arttırdığını belirlemişlerdir.

Güllerde in vitro çoğaltım çalışmaları incelendiğinde; Bhoomsiri ve Masomboon (2003), *Rosa damascena* sürgün çoğaltma aşamasında ortamlara sitokininlerle beraber oksinlerin de ilave edilmesi sürgün gelişimi ve çoğalma katsayısı üzerine etkili olduğunu bildirmişlerdir. Farklı konsantrasyonlarda (BA) ye naftalen asetik asit (NAA) Içeren Quoirin ve Lepoivre (QL) ve MS ortamlarından, sürgün rejenerasyonunun yoğunluğu ve maksimum sürgün sayısı bakımından en iyi sonucun 0.1 mg l-1 NAA ve 4.0 mg l-1 BA içeren QL ortamından elde edildiği tespit edilmiştir.

Pati vd. (2004), yapmış oldukları çalışmada, *R. damascena* yapraklarını bitki rejenerasyonunun teşviki için farklı hormon konsantrasyonu ve kombinasyonları içeren besi ortamlar üzerinde kültüre almışlardır. En iyi bitki rejenerasyonu 2 MS+%3 sakkaroz+ 46.8µM tidiazuran+0.27 µM NAA+ 17.7µM $AGNO_3$ içeren MS besi ortamı olduğu tespit edilmiştir. Rejenere olan bitkiler MS+2.25 µM BAP+ 0.054 uM NAA içeren besi ortamı üzerinde 7, 14, 21, 28 ve 35 gün kültüre alınmıştır. En iyi sürgün oluşumunun 21 gün kodlandığı tespit edilmiştir.

SONUÇ

Bitkilerin çeşitli amaçlarla kullanımı incelendiğinde odunsu bitkilerin önemli bir yeri olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Odunsu bitkiler meyvecilik ve süs bitkisi yetiştiriciliği alanında kullanılmaktadır. Bu bağlamda bu bitkilerin doku kültüründe çoğaltılması son derece önemlidir. Meyvecilik ve süs bitkileri yetiştiriciliğinde kullanılan odunsu bitkilerde söz konusu ortamlar ve sterilizasyon evresi bir takım farklılıklar gösterebilmektedir.

Söz konusu iki alanda da aşılı fidan kullanımı son derece önem taşımaktadır. Bu anaçlar, tohumla daha kolay çoğaltılabilmesine rağmen, heterozigot yapı nede-

niyle açılım meydana göstermekte ve bir takım sorunlarla karşılaşılmaktadır. Bu bağlamda dolayı aşılı fidan üretiminde klon anaçları tercih edilmektedir. Bunun yanında klon anaç kullanımında, genotipin devamlılığı sağlanmakta olup doku kültürü ile yapılan çoğaltımlar neticesinde aşı uyuşmazlığı sorunu ortadan kalkmaktadır. Aynı zamanda mikroçoğaltım çalışmalarında başarı her anaç için ayrı bir protokolünün geliştirilmesi ile sağlanabilmektedir.

Bitki doku kültürü çalışmalarında başarı elde edebilmek için öncelikle eksplant seçimi, BBD konsantrasyon ve kombinasyonlarının belirlenmesine dikkat edilmelidir. Besin ortamlarının seçimi doku kültürü çalışmalarında çok önemlidir. Yapılan çalışmalar sonucunda, her tür ve çeşidin doku kültürü tekniklerine gösterdiği tepkilerin farklı olduğu tespit edilmiştir. Eksplantın yaşı, donör bitkinin fizyolojik durumu, eksplant kaynağı gibi faktörler rejenerasyon oranını etkilemektedir ve ciddi farklılıklar gösterebilmektedir. Kültür besin ortamının türü, bileşenleri, en uygun kültür şartları her bir genotip için farklılık göstermektedir.

Bu bakımdan odunsu bitkilerde anaçların mikroçoğaltım katsayılarının artırılması amacıyla yeni büyümeyi düzenleyici madde kombinasyonlarının denenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, söz konusu odunsu bitkilerde uygulanmış ortamlar ve doku kültüründe odunsu süs bitkisi yetiştiriciliğinde referans alınabilecek meyve ve anaç türlerinin irdelendiği literatürler taranarak, bazı türlere göre belirgin farklılıklar ortaya konmuştur. Bu reçetelerin (protokollerin) son dönemde bitkisel üretim anlamında önemli yer taşıyan odunsu peyzaj ve süs bitkisi yetiştiriciliği sektörüne katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

ANDREU, P., and MARIN, J.A., (2005). *In vitro* Culture Establishment and Multiplication of The *Prunus* rootstock "Adesoto 101" (*P. institia* L.) as Affected by The Type of Propagation of The Donor Plant and by The Culture Medium Composition. *Scientia Horticulturae* (Article in press).

AUGUSTINE, A.C. and D'SOUZA L. (1997). Somatic embryognesis iin Gentum ula Brongn. (Gentum edule) (Willd) Blume. Plant Cell Rep 16:354-357.

BABAOĞLU, M., GÜREL, E. ve ÖZCAN, S. (2001). Bitki Biyoteknolojisi I.Doku Kültürü Uygulamaları. Selçuk Basımevi, 374.

BAJAJ, Y.P.S. (1989). In vitro production of haploids. In: Handbook of Plant Cell Culture.Macmillan Publishing Company, 1 (6), 228-287.

BHOOMSIRI, C. And MASOMBOON, N. (2003). Multiple Shoot Induction and Plant Regeneration of *R.damascena* Mill. Silpakorn University, International Journal, 3(1-2), 229-239.

BLAZQUEZ, S., PIQUERAS, A., SERNA, M.D., CASAS, J.L. and FERNANDEZ, J.A. (2004). Somatic embryogenesis in saffron: Optimization through temporary immersion and polyamine metabolism. Acta Hort 650:269-276.

CAPPALLADES, M., LEMEUR, R. and DEBERGH, P. (1991). Effects of sucrose in starch accumulation and rate of photosyntesis in Rosa cultured in vitro. Plant Cell Tissue Organ Culture, 25(1), 21-26.

CARDOZA, V. and D'SOUZA L (2002). Induction, development and germination of somatic embryos from nucellar tissues of cashew (*Anacardium occidentale* L). Sci Hort 93:367-372

DEMİREL, S. ve ÜLGER, S. (2008). A Research on Propagation of Gisela 5 Cherry Rootstock by Tissue Culture. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(1), 117-121.

EL HADRAMI, I. and D'AUZAC, J. (1992). Effects of polyamine biosyntheic inhibitors on somatic embryogenesis and cellular polyamines in Hevea brasiliensis. J Plant Physiol 140:33-36.

ELLİALTIOĞLU, Ş., SARI, N. ve ABAK, K. (2001). Bitki Biyoteknolojisi. Doku Kültürü Uygulamaları, Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları.

FEYZİOĞLU, F. (2002). Yaban Gülü (Rosa canina L.)'nün Doku Kültürü Teknikleri ile Üretilmesi, Orman Bakanlığı Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Yayın No:180, ISSN 1301-800, 43.

FOTOPOULOS, S. and SOTIROPOULOS, T.E. (2005). In vitro Rooting of PR 204/84 Rootstock as Influenced by Mineral Concertration of the Culture Medium and Exposure to Darkness for a Period. Agronomy Research, 3(1), 3-8.

GERMANA, M.A. and CHIANCONE B. (2001). Gynogenetic Haploids of *Citrus* after *in vitro* Pollination With Triploid Pollen Grains. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 66: 59-66.

GIRIDHAR, P., REDDY, B.O. and RAVISHANKAR, G.A. (2001). Silver nitrate in uences in vitro shoot multiplication and root formatioin in vaniıa planifolia Andr. Curr sci 81: 1166-1170.

GÖNÜLŞEN, N. (1987). Bitki Doku Kültürü Yöntemleri ve Uygulama Alanları. Tarım, Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yayın No:78, 10-85.

JABBARZADEH, Z. and KHOSH-KHUI, M. (2005). Factors Affecting Tissue Culture of Damask Rose. Scientia Horticulturae, 105(4), 475-482.

KAMALI, K., MAJIDI, E. and ZARGHAMI, R. (2001). Micropropagation of GF-677 Rootstock. 11th GREMPA Seminar on Pistachios and Almonds, 56, 175-177.

KOYUNCU, N. (2008). Farklı MS Dozlarının Buğdayda Doku Kültürü Parametrelerine Etkileri. Tarım Bilimleri Dergisi, 14(1), 82-86.

NORDSTROM, A.P, TARKOWSKI, D., TARKOWSKA, R., NORBAEK, C., ASTOT, K., SANDBERG, G. (2004). Auxin Regulation of Cytokinins Biosyntesis in the *Arabidopsis thaliana*: A Factor of Potential Importance for Auxin Cytokinins Regulated Development. The National Academy of Science USA, 101(21), 8039-8044.

OH, S.D, SONG, W. and YOO, S.O. (1991). In vitro propagation of Sweet Cherry Direct and Callus-Induced Plantlet Regeneration from Shoot Tip. Journal Korean Society Horticulture Science, 32, 355-367.

ÖZDEN, A.N. (2007). GF-677 hibrit (*Prunus amygdalus* X *P. persica*) anacının in vitro rejenerasyonu ve mikro çoğaltımı. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 56 s.

ÖZKAYNAK, E. ve SAMANCI, B. (2003). Mikroçoğaltımda Çevresel Kontrol Faktörleri. Derim (Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi), 20(1).

PATI, K.P, RATH, S.P., SHARMA, M., SOOD, A. and AHUJA P.S. (2006). In Vitro Propagation of Rose- a rewiew, Biotechnology Advances, 24, 94-114.

PATI, K.P, SHARMA M., SOOD, A. and AHUJA P.S. (2004). Direct Shoot Regeneration from Leaf Explants of R.damascena Mill. In Vitro Cell Dev. Biol. Plant, 40: 192-196.

POTDAR, U.A., KHAN, B.M., RAWAL, S.K. (1999). Genotype dependent somatic embryogenesis in sun ower. İn: plant tissue culture and Biotechnology. Kavi kishor, PB(ed). Univ pres, Hyderabad, India, 64-70.

REIS, L.B, PAIVA, N.V.B, TODEDO, P.E.A., COSTA, M.G.C, REGO, M.M., CARVALHO, C.R., FINGER F.L. and OTONI, W.C. (2003). Axillary bud

development of passionfruit as affected by ethylene precursor and inhibitors. In Vitro Cell Dev Biol – Plant.

RODRIGUES, A.C., SILVERIA, C.A.P, FORTES, G.R., FACHINELLO, J.C and SILVA, J.B. (2003). Establishment and Multiplication in Vitro of Prunus sp. İn Different Culture Media. Revista Brasilieira de Fruticultura, 25(1), 131-133.

TAKABE, I., LABIB, G. and MELCHERS, G. (1971). Regeneration of whole plants form isolated mesophyll protoplast of tobacco. Naturwissenschaften, 58, 318-320.

THUROW, L.B, MAGALLHAES, B.J, SILVA, C.P, BRAGA, E.J.B, PETERS, J.A, BIANCHI, V.J. (2003). In Vitro Establishment and Multiplication of Japanese Plum cv. America Revista de la Facultad de Agronomia, La Plata, 112(1), 44-50.

YILDIRIM, H., ONAY, A. TİLKAT, E and AKTÜRK, Z. (2011). Micropropagation of the Apricot (*Prunus armeniaca* L. cv. Hacıhaliloğlu) by Means of Single Node Culture. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 35(1), 55-64.

STOMALARIN BİTKİLER İÇİN ÖNEMİ VE BAZI MEYVE TÜRLERİNDE STOMALAR ÜZERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bekir Erol AK
Harran Üniversitesi

Mesut CAN
Harran Üniversitesi

Birgül DİKMETAŞ
Harran Üniversitesi

Qutbettin YAQUBİ
Harran Üniversitesi

İbrahim Halil HATİPOĞLU
Harran Üniversitesi

ÖZET: Stoma; epidermisin farklılaşmasıyla oluşan açılıp kapanma özelliği sayesinde bitkide terlemeyi ve gaz alış verişini sağlayan canlı yapılardır. Stomaların iç yüzeylerindeki zar kalın iken dış yüzeylerindeki zar incedir. Zarlarındaki bu farklılık stomalara açılıp kapanma özelliği sağlamaktadır. Köklerde ve tamamen suya gömülü bitkilerde stoma yoktur. Stoma hücrelerini diğer epidermis hücrelerinden ayıran en önemli özelliği ise yapısında kloroplast bulunmasıdır. Stomalar özellikle bitkilerin fotosentez yapan aksamlarında bulunmaktadır. Bitkilerin yaprak alanlarının sadece %1'ini stomaların oluşturmasına rağmen, topraktan kökleri yardımıyla aldıkları suyun %90'oranında transpirasyonu stomalar sağlamaktadır. Yazın sıcak günlerde meyve ağaçlarındaki su kaybı daha da artar. Su noksanlığı ile gerekli olan organik madde noksanlığı da artış göstermektedir. Transpirasyon aynı zamanda bitkilerdeki yüksel sıcaklığın kavurucu etkisinden de korur. Yapılan çalışmalarda meyve ağaçlarında bulunan stomaların sayısı ve boyutları tür ve çeşide göre değişiklik gösterdiği ayrıca biyotik ve abiyotik faktörlerin etkisiyle de birim yüzey alanında bulunan stoma sayısı ve boyutları değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Meyve ağaçlarındaki stoma sayısı ile stoma boyutları ters orantılı olmakla beraber stoma boyutlarında önemli düzeyde azalmaktadır. Buna bağlı olarak su kaybında da azalma olduğu saptanmıştır. Stoma yoğunluğunun çeşide, ekolojiye, kültürel işlemlere, yaprakların olgunluk düzeyine ve yaprakların sürgün üzerindeki pozisyonlara göre değiştiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yaprak, Stoma, Fotosentez, Meyve

The Importance of Stomata for Plants and Studies on Stomata of Some Fruit Trees

ABSTRACT: Stoma; They are living structures that provide sweating and gas exchange in the plant thanks to the opening and closing feature of the epidermis. While the membrane on the inner surfaces of the stomata is thick, the membrane on the outer surfaces is thin. This difference in the membranes provides the stomatal opening and closing feature. There are no stomata in the roots and completely submerged plants. The most important feature that distinguishes stoma cells from other epidermis cells is that there is chloroplast in its structure. Stomas are especially found in the photosynthetic parts of plants. Although stomata constitute only 1% of the leaf areas of the plants, the transpiration of 90% of the water they take from the soil with the help of their roots provides stomata. On hot summer days, water loss in fruit trees increases even more. With the lack of water, the lack of necessary organic matter also increases. Transpiration also protects the plants from the scorching effect of the high temperature. In the studies conducted, it has been determined that the number and size of stomata in fruit trees vary according to the type and variety, and the number and sizes of stomata in the unit surface area change with the effect of biotic and abiotic factors. Although the number of stomata in fruit trees is inversely proportional to the size of the stoma, the stoma size decreases significantly. Accordingly, it was found that there was a decrease in water loss. It has been determined that the density of the stoma varies according to the variety, ecology, cultural processes, the maturity level of the leaves and the positions of the leaves on the shoot.

Key Words: Leaf, Stomata, Photosynthesis, Fruit

1) GİRİŞ

Bahçe bitkileri tarımının başarılı bir şekilde sürdürülebilmesi önemli ölçüde bitki-su ilişkilerinin düzenlenmesine bağlıdır. Bu ilişkide stomalar kilit rol oynamaktadır. Bitkilerde meydana gelen su kaybının yaklaşık %85-90'lık kısmı stomalardan meydana gelir. Bu nedenle her kültür bitkisinin yapraklarında bulunan stomaların sayıları ve yapılarının bilinmesi gerekir (Dickison, 2000).

Stomalar, epidermisin farklılaşmasıyla oluşan ve bitkilere CO_2, O^2 ve su buharının giriş çıkışını sağlayan ve bitkilerin toprak üstü organlarında özellikle yaprakta yoğun biçimde bulunan küçük gözeneklerdir (Winkler ve vd., 1974). Normal epidermis hücrelerinden farklı olarak yapılarında kloroplast bulunduran bu yapılar

yapraklardaki gaz değişimini kontrol eder ve fotosentez ile su dengesini düzenlerler (Tenhunen ve vd., 1987).

Bitkinin yoğun olarak fotosentez yapan organlarında bulunan stomalar, kilit hücresi ve bekçi hücresi adı verilen iki farklı hücreden oluşurlar. Bu iki hücrenin arasında oluşan gözeneklere por adı verilmektedir (Yakar ve Tan, 1976). Stomalar gaz ve su buharı değişimlerini por denilen bu gözenekler sayesinde yapmaktadır. Porların açılıp kapanması turgor basıncındaki değişimlere bağlı olarak gerçekleşmektedir. Turgor basıncının artmasıyla komşu hücreler bekçi hücreleri uyarır ve böylelikle porlar açılır. Porların açılmasıyla yaprak hücreleri arasındaki boşluklarda bulunan oksijen, karbondioksit, su buharı ve diğer gazlar atmosferde bulunan gazlarla yer değiştirir ve karşılıklı bir geçiş olayı meydana gelir (Esau, 1977; Evert, 2006). Stoma gaz alış verişi ve terleme ile bitkideki fizyolojik dengenin kurulmasında önemli bir rol oynamaktadır (Kocaçalışkan, 2008).

Bitkiler metabolik olaylar sırasında ihtiyaç duyduğu suyu ve erimiş besin maddelerini kökleri yardımıyla bünyelerine alırlar. Çeşitli organlarda farklı amaçlar için kullanılan su daha sonra bitki tarafından su buharı olarak dışarıya atılmaktadır. Bitkilerde gerçekleşen bu olaya transpirasyon veya terleme olarak adlandırılır. Transpirasyon ya da terleme olarak nitelendirilen su kaybı olayının büyük oranla gerçekleştiği organlar ise yapraklardır. Yapraklardaki terleme olayı kütikula veya stomalar yardımıyla gerçekleşmektedir. Bunlardan stomatal transpirasyon daha büyük önem taşımaktadır (Abak ve Yanmaz, 1980). Dolayısıyla yapraklardaki stoma yoğunluğu ve bu stomaların hareketleri bitkinin yitirdiği su ve bitki su ilişkisi arasında sıkı bir denge bulunmaktadır (Yanmaz ve Eriş, 1983). Ayrıca, birim yaprak alanındaki stoma sayısı gaz alışverişinde etkilidir (Brownlee, 2001).

Stomaların yaprak üzerindeki konumu bitki türlerine göre değişmektedir. Yaprağın her iki yüzeyinde (amfistomatik), sadece alt yüzeyinde (hipostomatik) ya da üst yüzeyinde (epistomatik) bulunabilir ve bir mm^2 yaprak alanındaki stoma sayısı (stoma yoğunluğu) tür ve çeşitlere göre değişebilir (Kliewer ve vd., 1985; Rana ve Chadha, 1990; Şahin ve Soylu, 1991; Çağlar ve Tekin, 1999).

2) BAZI MEYVE TÜRLERİNDE STOMALAR ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR

a)Cevizde Stoma:

Schechter ve vd. (1992), yaptıkları bir ön deneme ile ceviz yapraklarında bulunan stomaların yaprakların sadece alt yüzeyinde bulunduğu (hipostomatik) saptanmıştır.

ABD'de kara cevizlerin (*Juglans nigra*) tohumdan yetişen ağaçlarında stoma iriliklerinin kuzey - güney enlem derecesine göre değiştiği ve stomaların Teksas kökenli cevizlerde küçük olmasına karşın, Kuzey Illinois ve Michigan'daki cevizlerde daha büyük olduğu saptanmıştır (Anonim, 1973).

Muradoğlu ve Gündoğdu (2016), yaptıkları çalışmada 11 kültür ceviz çeşidinde stoma yoğunluğuna ve stoma büyüklüğüne bakmışlar ve bu çeşitler arasındaki ortalama stoma yoğunluğu en az 183 adet/ mm^2ve en çok 335 adet/ mm^2 sayılmıştır. Stoma uzunluğu ise en düşük 10.65-20.06 µm ve en yüksek 17.21-30.10 µm ölçülmüştür. Bu çalışmada 11 ceviz çeşidi içinden en büyük stomalara sahip çeşit Fernor çeşidinin olduğu tespit edilmiştir.

Iotsova ve Baurenska (1975), yaptıkları çalışmada farklı iklim koşullarındaki ceviz çöğürlerinin stoma yoğunluğunu ve stoma boyutları incelemişlerdir. Araştırma sonucunda nemlilik gibi çevresel etmenlerin stoma sayısının artışına neden olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Cağlar ve vd. (2004), yaptıkları bir çalışmada karasal ve Akdeniz iklimine ait 10 farklı ceviz tipini incelemiş ve stomaların böbrek şeklinde olduğunu tespit etmişlerdir. Karasal iklime (Kahramanmaraş kökenli) ait olan ceviz stoma uzunlukları 14-18 µm arasında iken Akdeniz iklimine (Hatay kökenli) ait olanların ise 21-28 µm arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ceviz tiplerinin stoma çapları ise 10-12 µm arasındadır. İncelenen 10 ceviz tipinin yapraklarındaki stoma yoğunlukları 120-217 adet/mm^2 arasında değiştiği ve genel olarak Kahramanmaraş kökenli olan ceviz tiplerinin stoma yoğunluklarının Hatay kökenli olan ceviz tiplerinden daha fazla olduğu bildirilmiştir. Ayrıca yetiştiricilik yapılan bölgenin yükseltisi deniz seviyesinden yükseldikçe yapraklardaki stoma sayısının da arttığı tespit edilmiştir.

b)Antepfıstığında Stoma:

Çağlar ve Tekin (1999), farklı *Pistacia* anaçları (*P. vera, P. atlantica* ve *P. khinjuk*) üzerine aşılı antepfıstığı çeşitlerinin (Uzun, Kırmızı, Halebi, Siirt ve Ohadi) yapraklarında stoma yoğunlukları üzerine çalışmışlar ve antepfıstığının amfistomatik olduğunu ve stoma sayılarının yaprakların alt ve üst yüzeylerinde farklı yoğunluklarda olduğunu tespit etmişlerdir. Yaprakların alt yüzeyinin (171-221 adet/mm^2) üst yüzeyine (114-151 adet/mm^2) göre daha fazla stoma yoğunluğuna sahip olduğu tespit etmişlerdir. Stomaların böbrek şeklinde olduğu ve stoma uzunluğunun 10-12 µm olduğu bulunmuştur. Yapılan çalışma sonucunda en yüksek stoma yoğunluğu Halebi çeşidinden elde edilmesine rağmen *P.atlantica* üzerine aşılı olan antepfıstıklarının

stoma yoğunluğuna daha fazla olduğunu ve anaçların üzerine aşılı olan çeşitlerin stoma yoğunluklarına önemli bir etkisi olduğunu vurgulamışlardır.

Özeker ve Mısırlı (2001), yaptıkları çalışma ile Manisa-Yunt dağı civarından topladıkları bazı *Pistacia ssp.* türleri ile kültür çeşitlerine ait dişi ve erkek ağaçlarının yaprak ve stoma özelliklerini incelemişlerdir. Bu inceleme sonunda en yüksek stoma sayısı *Pistacia terebinthus* türünün erkek ağaçlarının yapraklarında en düşük stoma sayısı ise *Pistacia atlantica* türünün erkek ağaçlarının yapraklarında tespit edilmiştir.

c) Kirazda ve Elmada Stoma:

Slack (1974) yaptığı çalışmada dört elma türünde yapraklardaki stoma dağılımını incelemiş ve stoma yoğunluğunun tek bir yaprağın yüzeyindeki farklı yerlerde ve aynı çeşidin farklı yapraklarında değişim göstermiştir. Golden delicious çeşidinde Cox's Orange Pippin çeşidine göre birim alandaki stoma yoğunluğu daha az bulunmuştur. Sıcak iklimlere daha iyi adapte olan Golden delicious çeşidinin bünyesindeki suyu koruma bakımından daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır.

Beakbane ve Majumder (1975), yaptığı çalışmada M7, M9, M25, M26, M27, MM106, MM111 gibi farklı gelişim kuvvetine sahip elma anaçlarında, stoma yoğunluklarının bodur gelişen M9 klon anacında düşük (7.0/0.02 mm^2), kuvvetli gelişen MM111 (11.8/0.02 mm^2) ve M25 (12.0/0.02 mm^2) klonlarında yüksek olduğunu saptamışlardır.

Pathak ve vd. (1976), yaptıkları çalışmada gelişim kuvvetlerine göre 5 farklı grupta (çok kuvvetli, orta kuvvetli, bodur ve çok bodur) toplanan elma anaçlarında birim alandaki stoma yoğunluğu 5.88 (M9) ile 11.55 (M25) arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte yapılan başka bir çalışmada elma anaçlarında sürgünlerin uzama hızı ve stoma sayısı arasında bir ilişki bulunamamıştır (Jindal ve Rana, 1986).

Gülcan ve Mısırlı (1990), yaptıkları çalışmada kiraz yetiştiriciliği için kullanılan en önemli anaçlarından biri olan İdris'in (*Prunus mahaleb)* yapraklarında bulunan stomalar incelenmiş ve stoma sayısının, genotipe, sürgünlerde bulunan yaprakların bulundukları pozisyona ve yapraktan örnek alınan bölgeye göre değişiklik gösterdiği saptanmıştır. Araştırmada kullanılan bütün anaçlar değerlendirildiğinde en yüksek stoma yoğunluğu kuvvetli anaçlardan olan Afyon-11 de tespit edilmiştir.

Eriş ve vd. (2004) yaptıkları çalışmada Gisela 5, Mazzard (*P.avium*), MM106 ve çöğür üzerine aşılı bazı kiraz çeşitlerinin stoma yoğunlukları ve stoma boyutları incelenmiştir. Araştırmada Gisela 5 ve Mazzard (*P.avium*) anaçları üzerine aşılı Swe-

etheart ve Lapins kiraz çeşitleri ile MM106 ve çöğür üzerine asılı Red Chief, Jerseymac ve Elite elma çeşitleri kullanılmıştır. Araştırma sonucunda her iki meyve çeşidinin yapraklarının hipostomatik olduklarını ve anaçların stoma yoğunluğu üzerine etkisinin önemli olduğu saptanmıştır. Kiraz çeşitlerinde anaçlar üzerine aşılanan çeşidin stoma boyutunu etkilerken elma çeşitlerinde kullanılan anaçlar stoma boyutlarını değiştirmemiştir. Bununla birlikte her iki meyve türünde de anaç kullanımı stoma yoğunluğunu etkilemiştir.

Mert ve vd. (2009), yaptıkları çalışma ile farklı elma anaçları (M9, MM106, MM111) üzerine aşılanan bazı elma çeşitlerinin (Vista Bella, Mondial Gala, Fuji, Granny Smith) yapraklarında stoma yoğunluğu ve stoma boyutlarına olan etkisini araştırmışlardır. Anaçların, üzerine aşılı olan çeşitlerin bazılarında stoma boyutları ve stoma yoğunluğu üzerinde önemli düzeyde farklılığa sebep oldukları saptanmıştır. M9 anacı üzerine aşılı çeşitlerin yapraklarında stoma yoğunluğunun en yüksek olduğu ve bunu MM106 ve MM111 anaçları üzerine aşılı olan çeşitlerin takip ettiği bildirilmiştir. En yüksek stoma yoğunluğu 'Granny Smith' çeşidinde ve en düşük stoma yoğunluğu 'Vista Bella' çeşidinde görülmüştür. Yapraklardaki stoma yoğunluğu kullanılan anaçlara göre ortalama olarak; 'Vista Bella' çeşidinde 344.21-512.20 adet/ mm^2, 'Fuji' çeşidinde 409.71-515.98 adet/mm^2,'Fuji' çeşidinde 409.71-515.98 adet/mm^2, 'Granny Smith' çeşidinde 576.11-619.36 adet/mm^2 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

d) Kayısıda Stoma:

Ölmez (1997), Ölmez ,vd., (2001) yaptığı bir çalışmada Malatya'da yetiştirilen bazı kayısı çeşitlerinin stomalarını incelemiştir. Çalışmada Hasanbey, Hacıhaliloğlu, Çataloğlu, Kabaaşı, Soğancı, Aprikoz, Şekerpare, Alyanak ve Karacabey çeşitleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan çeşitlerden alınan yaprakların, alındığı yöneye göre (Kuzey-Güney) yapraklardaki stoma sayılarının istatistiki açıdan değerlendirildiğinde bir farkın olmadığını belirtilmiştir. Kuzey yöneyde bulunan yapraklarda stoma yoğunluğu 279 adet/mm^2,iken güney yöneyde bulunan yapraklarda ise 290 adet/mm^2 stoma bulunduğunu bildirmiştir. İncelenen çeşitler arasında en yüksek stoma yoğunluğu Aprikoz (459 adet/mm^2) çeşidinde, en düşük stoma yoğunluğu ise Çataloğlu (237 adet/mm^2) çeşidinde saptanmıştır.

e) Türk Fındığında Stoma:

Avcı ve Aygün (2014) yaptıkları çalışmada 18 adet Türk fındığı çeşidinin yapraklarındaki stoma yoğunluğu ve dağılımını incelemişlerdir. İncelemeler sonucunda çeşitlerin yapraklarının hipostomatik olduğu saptanmıştır. Çeşitlerin stoma sayıları

incelendiğinde en yüksek stoma yoğunluğuna sahip çeşit Kalınkara (83.08 adet/mm^2) ve en yüksek stoma yoğunluna sahip çeşit ise Sivri (117.73 adet/mm^2) çeşididir. Bununla birlikte stoma boyu ve stoma eni en yüksek olan çeşit Yassı Badem çeşididir.

f) Zeytinde Stoma:

Roselli ve vd. (1989), yaptıkları çalışmada soğuğa toleransları farklı olan zeytin çeşitlerinde stoma yoğunluklarını incelemiş ve soğuğa toleransı düşük olan çeşitlerin stoma yoğunluğunun, soğuğa toleransı yüksek olan çeşitlere oranla daha yüksek olduğu bildirilmiştir

Demirkaya (1999), Ak ve Demirkaya (2018), yaptığı çalışmada Şanlıurfa'da yetiştirilen bazı zeytin çeşitlerinin (Gemlik, Nizip Yağlık, Manzanilla, Memecik ve Donat) yapraklarındaki stomaları incelemişlerdir. İnceleme sonucunda en yüksek stoma yoğunluğunun Nizip Yağlık çeşidinde (464.023 adet/mm^2) ve en düşük stoma yoğunluğunun ise Gemlik çeşidinde (388.242 adet/mm^2) olduğu saptanmıştır. Ayrıca yaprak büyüklüğü ile yaprakta bulunan stoma arasında pozitif bir ilişki olduğu belirtilmiştir.

Sakar ve vd. (2015) yaptıkları çalışmada farklı sulama aralıklarında yetiştirilen Gemlik zeytin çeşidinin yapraklarındaki stomaları incelemişlerdir. Sulama aralığının stoma sayısı ve boyutları üzerinde etkisinin önemli olup olmadığına bakılmıştır. Araştırma sonucunda Gemlik çeşidinin yaprağın alt yüzeyindeki stomaların sayısının sulama aralığına bağlı olarak değiştiğini ve stoma sayısı arttıkça stoma boyutlarının küçüldüğü yönünde ters bir ilişki olduğu saptanmıştır.

g) Üzümde Stoma:

Hegedüs (1974) yaptığı çalışmada üzüm çeşitleri ve asma anaçlarında bitkinin farklı organlarında stomaları incelemiştir. İnceleme sonucunda stoma boyutlarının ve yoğunluklarının aynı bitkinin değişik organlarında bile farklılık gösterebileceğini belirtmiştir. Araştırmada kullanılan materyal olarak kullanılan anaç ve çeşitler yapraklarında bulunan stoma sayıları bakımından sıralandığında en yüksek stoma yoğunluğu sırasıyla Sultani Çekirdeksiz (216 adet/mm^2), 5C (209 adet/mm^2), Portugieser (206 adet/mm^2), Hafızali (194 adet/mm^2), Portalis (194 adet/mm^2), Weisse Gutedel (183 adet/mm^2), Rupestris du Lot (171 adet/mm^2), Pinot Gris (164 adet/mm^2) ve Müller Thurgau (158 adet/mm^2)'dir.

Gökbayrak ve vd. (2008), yaptıkları çalışmada açık arazide rüzgarlı ve rüzgarsız havada yetiştirilen asmalarda stoma sayısı üzerine olan etkisine bakılmıştır. Araştırmada kuzey ve güney batı yönüne bakan doğal rüzgar kırıcıların bulunduğu alandaki asmalar karşılaştırılmış ve kuzey yönüne bakan asmalar kuvvetli kuzey rüzgarlarına maruz kalmalarından dolayı daha yüksek miktarda stoma sayılarına sahip oldukları belirlenmiştir.

Gargın'ın (2009), yaptığı çalışmada Eğirdir/Isparta koşullarında Red Globe, İtalya, Flame Seedless ve Barış çeşitlerinin stoma yoğunluğunu incelemiş ve çeşitler arasında farklılıklar gözlemlenmiştir. Stoma yoğunluğunun en yüksek Red Globe çeşidinde, en düşük ise Barış çeşidinde olduğu belirtilmiştir. Red Globe çeşidinin stoma yoğunluğunun fazla oluşunun nedeni olarak kuraklığa adaptasyonunun iyi olmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

Eriş ve Soylu (1990), yaptıkları çalışmada yerel üzüm çeşitlerinde, stoma yoğunluğunun çeşitlere, tiplere veya klonlara göre değiştiğini belirtmişlerdir.

Düzenli ve Ağaoğlu (1992) yaptıkları çalışmada Ankara koşullarında yetiştirilen bazı farklı üzüm çeşitlerinin (Razakı, Karagevrek, Kalecik Karası, Hasandede) yapraklarındaki stoma yoğunluklarını incelemişlerdir. İncelenen çeşitlerden Razakı çeşidinin yapraklarında diğer çeşitlerden daha fazla stoma bulunduğu belirtilmiştir. Çalışma sonucunda asma yapraklarındaki stoma yoğunluğunun asma çeşidine, yetiştirildiği ekolojiye, yaprakların olgunluk düzeyine, bitkiye uygulanan kültürel işlemlere ve yaprağın sürgün üzerindeki pozisyonlarına göre farklılık gösterebileceği belirtilmiştir.

Dikmetaş (2017) yaptığı çalışmada üç farklı sofralık üzüm çeşidinde (Hatun Parmağı, Trakya İlkeren ve Red Globe) farklı gölgeleme düzeyleri (Kontrol - %40 - %75) uygulayarak yapraklardaki stoma özelliklerini incelemiştir. İnceleme sonucunda gölgeleme uygulanmamış bitkilerden alınan yaprak örneklerine kıyasla gölgeleme uygulanan bitkilerden alınan yaprak örneklerinde daha düşük stoma yoğunluğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra stoma boyutlarının %40 gölgeleme uygulanan bitkilerde daha düşük olduğu belirilmiştir. Yaprakların örnek alınan dilimlerinde stoma özellikleri değişim göstermemesine rağmen örneklerin alındığı dönemin stoma özelliklerini etkilediği saptanmıştır. Erken dönemde alınan örneklerde daha yüksek stoma yoğunluğu saptanmasına rağmen ilerleyen dönemlerde alınan örneklerdeki stoma yoğunluğunda kademeli bir azalış olduğu bildirilmiştir. Benzer şekilde birbirini izleyen dönemlerde alınan örneklerdeki stoma boyutlarındaki değişim stoma yoğunluğundaki değişimle paralellik gösterdiği tespit ediliştir.

Bekişli (2014) yaptığı çalışmada Harran Ovası'nda yetiştirilen 6 amerikan asma anacı ve 6 *Vitis vinifera* çeşidinin yazlık sürgünlerinin 7. ve 8. Boğumlarından aldığı yaprak örneklerinde stoma özelliklerini incelemiş ve anaçlar arasında en yüksek stoma yoğunluna 262.5 adet/mm^2 ile 110R' de çeşitler arasında ise 189.3 adet mm^2 ile Chardnnay de saptanmıştır.

Demirtaş (2018), yaptığı çalışmada farklı NaCI konsantrasyonları (Kontrol, 200 mM, 400 mM, 600 mM) kullanarak *Vitis vinifera* türüne ait üç çeşidin yapraklarını incelemiştir. İnceleme sonucunda kontrol grubundaki örneklerin stoma yoğunluğunun 138.5 adet/mm^2 (Horoz Karası) ve 160.6 adet/mm^2 (Şiraz) arasında değiştiğini bildirmiştir. Bununla birlikte çeşitlere uygulanan tuz konsantrasyonu artmasıyla stoma yoğunluğu arasında ters bir ilişki olduğunu ve ilişkinin çeşitlerle alakalı olarak değişim gösterdiğini bildirmiştir.

Palliotti ve vd. (2008), İtalya'da yaptıkları çalışmada 1103P anacından elde edilen ISV1 klon üzerine aşılanmış Sangiovese çeşidinin VCR30 klonuna ait olan 4 yaşlı fidanlarını incelemişlerdir. İnceleme sırasında fidanlar iki gruba ayrılmış ve gruplardan birini %90 tarla kapasitesine ve diğer grubu ise %40 tarla kapasitesine kadar sulamışlar ve 3 ay sonunda bu fidanları incelemişlerdir. İnceleme sonunda %40 tarla kapasitesine kadar sulanan fidanların stoma yoğunluğunun 171.1 adet/mm^2 'den 193.0 adet/mm^2 'ye arttığını, stoma alanının ise 181.7 µm^2 'den 134.2 µm^2 'ye kadar azaldığını bildirmişlerdir. Ayrıca sulama oranının azalması ile yapraklardaki stoma yoğunluğunun %3.11 'den %2.59'a azaldığı tespit edilmiştir. Bu azalma sayesinde bitki bünyesindeki suyun korunduğu bildirilmiştir.

SONUÇ

Meyve ağaçlarında bulunan stomaların sayısı ve boyutları; tür ve çeşide göre farklılıklar gösterdiği gibi çevresel ve içsel faktörlerin etkisiyle de birim yüzey alanında bulunan stoma sayısı ve boyutları değişim göstermektedir.

Meyve ağaçlarında stoma sayısının artışıyla ters orantılı olarak stoma boyutları önemli düzeyde azalmaktadır. Stoma boyutlarının azalması ile su kaybı da azalır.

Sonuç olarak stoma yoğunluğu; yetiştirilen bitkinin çeşidine, yetiştiriciliğin yapıldığı ekolojiye, uygulanılan kültürel işlemlere, yaprakların olgunluk düzeyine, yaprakların sürgün üzerindeki bulundukları yere ve konuma göre değişiklik gösterdiği belirtilmiştir.

KAYNAKLAR

ABAK, K., ve YANMAZ, R., 1980. Domates ve Fasulye Fidelerinin Yapraklarında Toplam ve Açık Stoma Sayısı Üzerine GA3, CEPA B-9 ve CCC'nin Etkileri. TÜBİTAK VII. Bilim Kongresi. Adana. s:259-273.

AK, B.E. and U. DEMIRKAYA, 2018. Investgations On Stomata Of Some Olive Varieties Growing in Sanliurfa Province in Turkey. Proceedings of IX. International Agricultural Symposium 'AGROSYM 2018'.(ISBN 978-99976-718-8-2, COBISS.RS-ID 7815448): 764-768.

ANONİM, 1973. Walnut. Agricultural Experiment Station, University of Kentucky, 85th Annual Report-1972. 124.

AVCI, N., ve AYGÜN, A., 2014. Determination of Stomatal Density and Distribution on Leaves of Turkish Hazelnut (Corylus avellana L.) Cultivars. Tarım Bilimleri Dergisi, 20: 454-459.

BEAKBANE AB, MAJUMDER PK, 1975. A Relationship between stomatal density and growth potential in apple rootstocks. Journal of Horticultural Science, 50 (4): 285-289.

BEKİŞLİ, M.İ., 2014. Harran Ovası Koşullarında Yetiştirilen Bazı Asma Çeşitleri İle Amerikan Asma Anaçlarının Yaprak Ve Stoma Özelliklerinin Belirlenmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 96s.

BROWNLEE, C., 2001. The Long and Short of Stomatal Density Signals. Trends in Plant Science. 6(10): 441-442.

ÇAĞLAR, S ve TEKİN, H., 1999. Farklı Pistacia Anaçlarına Aşılı Antepfıstığı Çeşitlerinin Stoma Yoğunlukları. Tr. J. of Agriculture and Forestry, 23 (Ek Sayı 5): 1029-1032.

ÇAĞLAR, S., SÜTYEMEZ, M., ve BAYAZIT, S., 2004. Seçilmiş Bazı Ceviz (Juglans Regia) Tiplerinin Stoma Yoğunlukları. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(2): 169-174.

DEMİRKAYA, Ü.Ş., 1999. Şanlıurfa Yöresinde Yetiştirilen Bazı Zeytin Çeşitlerinde Stomalar Üzerinde Araştırmalar. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 51s.

DEMİRTAŞ, G., 2018. Bazı Üzüm Çeşitlerinin (Vitis vinifera L.) Farklı Konsantrasyonlardaki Tuz Stresine (NaCl) Tolerans Sınırlarının Belirlenmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 56s.

DICKISON, W.C., 2000. Integrative plant anatomy. Academic Press, San Diego, California, 533s.

DİKMETAŞ, B., 2017. Bazı Sofralık Üzüm Çeşitlerinde Farklı Gölgeleme Düzeylerinin Verim, Kalite ve Stoma Özelliklerine Etkisi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 57s.

DÜZENLİ, S., ve AĞAOĞLU, Y.S., 1992. Vitis Vinifera L.'Nin Bazı Çeşitlerinde Stoma Yoğunluğu Üzerine Yaprak Yaşının Ve Yaprak Pozisyonlarının Etkisi. Doğa Turkish Journal of Agriculture and Forestry, (16): 63-72.

ERİŞ, A., and SOYLU, A., 1990. Stomatal Density İn Various Turkish Grape Cultivars. Proc. of the 5 th Int. Symp. on Grape Breeding Germany, Vitis, s.382-389.

ERİŞ, A., GÜLEN, H., ve KÖKSAL, N., 2004. Farklı Anaçlar Üzerine Asılı Bazı Kiraz ve Elma Çeşitlerinde Stoma Yoğunluğu ve Stoma Boyutları. Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 33(1-2): 1-5.

ESAU, K., 1977. Anatomy of Seed Plants (2 th Edition). John Wiley and Sons. Inc, Newyork, 550p.

EVERT, R.F., 2006. Esau's Plant Anatomy (3 rd Edition). John Wiley and Sons. Inc, Hoboken, New Jersey, 624p

GARGIN, S., 2009. Eğirdir/Isparta Koşullarında Bazı Üzüm Çeşitlerinin Stoma Yoğunluklarının Belirlenmesi. 7. Türkiye Bağcılık ve Teknolojileri Sempozyumu, 5-9 Ekim, Manisa, s57-61.

GÖKBAYRAK, Z., DARDENİZ, A., ve BAL, M., 2008. Stomatal Density Adaptation of Grapvine to Windy Conditions. Trakia Journal of Sciences. 6(1): 18-22.

GÜLCAN, R., ve MISIRLI, A., 1990. Importance of Stomatas in Evaluating the Vigor of Prunus Mahaleb Rootstocks. 23. International Horticultural Congress, August 27-September 1, Firenze, Italy, p.4030.

HEGEDÜS, A., 1974. Study of the epidermis of vine leaves. Acta Bot. Acad. Sci. Hung. 20: 225–270.

IOTSOVA-BAURENSKA, N., 1975. Stomatal Numbers and Size in Juglans Regia in Relation to Ecological Conditions. Fitologiya, (1): 19-24.

JINDAL K.K. ve RANA S.S, Stomata Number, Pore Size and Their Correlarion with Growch of Apple Rootstocks. Proceedings of the National Symposium on

Temperate Fruits. 127-132 Ankara Uninersitesi Ziraat Fakultesi Yayınlan 881, Ders Kitabi 246-208 s, 9861

KLİEWER,W.M., KOBRİGER, J.M., LİRA, R.H., LAGİER, S.T., and COL-LALTO, G., 1985. Performance of Grapevines Under Wind and Water Stress Conditions. Proc. of the International Symposium on Cool Climate Viticulture and Enology, p.198-216.

KOCAÇALIŞKAN, İ., 2008. Bitki Fizyolojisi. Nobel Yayınları, Ankara, 316s

MERT, C., BARUT, E., ve UYSAL, T., 2009. Farklı Anaçlar Üzerine Aşılı Elma Çeşitlerinde Stoma Morfolojilerinin Araştırılması. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 2(2): 61-64

MURADOĞLU, F., and GÜNDOĞDU, M., "Stomata Size and Frequency in Some Walnut Juglans regia L Cultivars, "Internatıonal Journal of Agrıculture & Bıology., vol. 13, no. 6, pp. 1011–1015, 2011.

ÖLMEZ, H.A., 1997. Malatya Yöresinde Yetiştirilen Bazı Kayısı Çeşitlerinde Stomalar Üzerine Araştırmalar. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 57s.

ÖLMEZ, H.A.., B.E.AK, R. GULCAN, 2001. The relationship between stomata density and fruit quality of some apricot varieties growing different altitudes in Malatya Province. Acta Horticulturae, 701, 163-166.

ÖZEKER, E. and MISIRLI, A., 2001. Research on Leaf Properties and Stomata Distribution of Some Pistacia spp", XI. G.R.E.M.P.A. Meeting on Pistachios and Almonds, September 1-4 1999, Şanlıurfa, Cahiers OPTIONS Meditterraneennes, Vol. 56, 237-241.

PATHAK, R.K. PANDEY, D. ve PANDEY V.S., Stomatal Distrubition as an Index for Predicting the Growth Potential of Apple Rootstocks J. Hort. Sci, 51 (3) 429-431, 1976

PALLIOTTI, A., SILVESTRONI, O., PETOUMENOU, D., VIGNAROLI, S., and BERRIOS, J.G., 2008. Evaluation of Low-Energy Demand Adaptative Mechanisms in Sangiovese Grapevine During Drought. J. Int. Sci. Vigne Vin., 42(1): 41-47.

RANA, H.S. ve CHADHA, T.R., 1990. Relationship Between Stomatal Density and Vigour in Clones of Some Prunus Species. XXIII. International Hort. Cong. Firenze (Italy) Abst. of Contributed Papers. No.1232.

ROSELLI, G., BENELLI, G., and MORELLI, D., 1989. Relationship Between Stomatal Density and Winter Hardiness in Olive (Olea europea L.). Journal of Horticultural Sciences, 64(2): 199-203.

SAKAR, E., BEKİŞLİ, M.İ., BİLGİÇ, C., TAŞ, A., TAŞ, M., AK, B.E., 2015. Gemlik Zeytin Çeşidinde Farklı Sulama Aralıklarının Stoma Morfolojisine Etkisinin İncelenmesi. VII. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 25-29 Ağustos 2015, Çanakkale. (Özet Bildiri)

SCHECHTER, I., PROCTOR, J.T.A., ELFVİNG, D.C. 1992. Morphological Differences Among Apple Leaf Types. HortScience. 27(2):101-103.

SLACK EM, 1974. Studies of stomatal distribution on the leaves of four apple varieties. Journal of Horticultural Science, 49:95-103.

ŞAHİN, T. ve SOYLU, A., 1991. Seleksiyonla Elde Edilmiş Bazı Kestane Çeşitlerinin Yaprak Morfolojileri ve Stoma Dağılımları Üzerinde Araştırmalar. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilimsel Raporlar serisi: 10, 20 s.

TENHUNEN, J.D., PEARCY, R.W. and LANGE, O.L., 1987. Diurnal Variation in Leaf Conductance and Gas Exchange in Natural Environments. In: Zeiger E, Farquhar GD, Cowan IR, eds. Stomatal function. Stanford University Press, Stanford, California, 323-352.

WINKLER, A.J., COOK, J.A., KLIEWER, W.M., and LIDER, L.A., 1974. General Viticulture (2nd edition). Univ. of Calif. Press, Berkeley, 710p.

YAKAR-TAN, N., 1976. Bitki Morfolojisine Giriş. İstanbul Üniversitesi Yayınları, Yayın No:2226, İstanbul, 230s.

YANMAZ, R., ve ERİŞ, A., 1983. Bazı Sebze Türlerinin Yapraklarındaki Stoma Sayıları. A.Ü.Z.F. Yay. 33: 94-102.

TARIMSAL VE HAYVANSAL ÜRÜNLERDE BİYOTEKNOLOJİK UYGULAMALAR

Dr. Öğretim Üyesi Esma ÖZHÜNER
Çankırı Karatekin Üniversitesi

ÖZET: İnsanların yerleşik hayata geçmesi ile tarımda ilk önemli gelişmeler başlamıştır. Melezleme yöntemi ile yeni ve kaliteli çeşitlerin geliştirilmesi, verimli ve lezzetli ürünlerin seçilmesi sağlanmıştır. Geçmişten günümüze değin, tarımsal verimlilik genellikle küresel ısınmayla ilişkilendirilen çeşitli stres faktörleri tarafından tehdit altındadır. Artan Dünya nüfusunun, 2050 yılında yaklaşık 9,6 milyara ulaşacağı düşünüldüğünde, azalan tarım arazilerinde daha kaliteli ve daha verimli tarımsal ürünlerin yetiştirilmesi gerekmektedir. Bitki biyoteknolojisi çalışmaları ile tarımsal ürünlerde verim ve kaliteyi arttırmanın yanında biyotik (mantarlar, bakteriler, nematodlar, virüsler, parazitik bitkiler, böcekler) ve abiyotik (kuraklık, donma, tuzluluk, su basması) stres faktörlerine karşı dayanıklı bitkilerin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu hedef doğrultusunda, bitki biyoteknolojisinde gen izolasyonu, gen dizilerinin belirlenmesi (sekanslanması), istenen özellikleri kodlayan genlerin tespiti, tespit edilmiş olanların ıslah çalışmalarında kullanılmasının sağlanması veya bu genlerin transferi ile biyotik ve abiyotik stres koşullarına dayanıklı transgenik bitkilerin oluşturulması gibi modern biyoteknolojik yöntemler kullanılmaktadır. Benzer şekilde, 2050 yılına kadar insan popülâsyonundaki sürekli artışın besin üretiminde %70 oranında bir artışa gereksinim olacağı ve bu nedenle besin kaynakları üzerinde büyük bir ihtiyaç ve tehdit oluşturacağı düşünülmektedir. Ancak, gerçekleştirilen hayvan biyoteknolojisi çalışmaları ile hayvansal ürünlerin kalitesini arttırma, suni tohumlama, embriyo transferi, hayvan hastalıklarının daha ucuz ve kolay bir şekilde teşhis ve tedavi edilebilmesi gibi çalışmalar umut verici teknojiler arasında yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bitki Biyoteknolojisi, Hayvan Biyoteknolojisi, Biyotik Stres ve Abiyotik Stres

Biotechnological Applıcations in Agricultural and Animal Products

ABSTRACT: The first important developments in agriculture started with the settled life of people. With the hybridization method, new and high

quality varieties are developed and efficient and delicious products are selected. From past to present, agricultural productivity has been threatened by a variety of stress factors often associated with global warming. Considering that the increasing world population will reach approximately 9.6 billion by 2050, it is necessary to grow more quality and more efficient agricultural products in the decreasing agricultural land. Plant biotechnology studies aim to increase yield and quality in agricultural products, as well as to develop plants resistant to biotic (fungi, bacteria, nematodes, viruses, parasitic plants, insects) and abiotic (drought, freezing, salinity, waterlogging) stress factors. In line with this goal, modern biotechnological methods are used in agricultural biotechnology, such as gene isolation, determination of gene sequences (sequencing), detection of genes encoding desired characteristics, ensuring the use of those identified in breeding studies or transferring these genes to create transgenic plants resistant to biotic and abiotic stress conditions. Similarly, it is thought that the continuous increase in the human population until 2050 will require an increase of 70% in food production and therefore will pose a great need and threat on food resources. However, studies such as increasing the quality of animal products, artificial insemination, embryo transfer, cheaper and easier diagnosis and treatment of animal diseases are among the promising technologies with animal biotechnology studies.

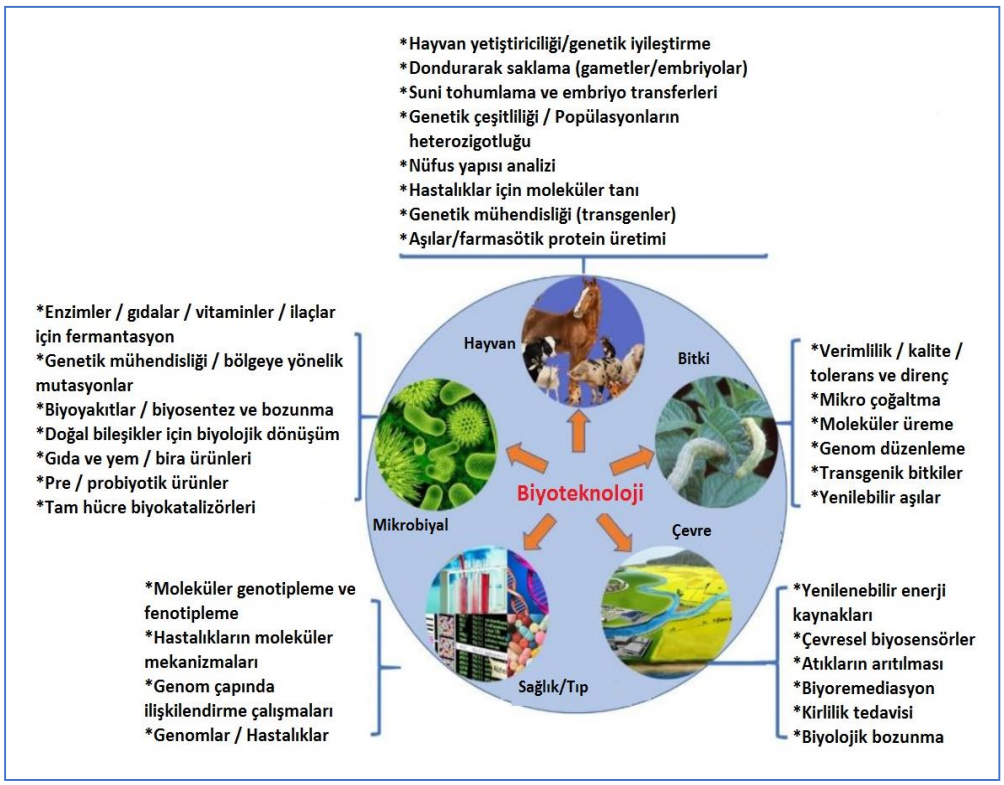
Keywords: Plant Biotechnology, Animal Biotechnology, Biotic Stress and Abiotic Stress

1. GİRİŞ

Biyoteknoloji, bitkilerin, hayvanların ve mikroorganizmaların özelliklerini insanların taleplerine göre iyileştirmek için organizmaları veya parçalarını kullanan biyoloji tabanlı teknoloji olarak tanımlanmaktadır. Biyoteknoloji, moleküler biyoloji, biyokimya, hücre biyolojisi, embriyoloji, genetik, mikrobiyoloji, biyoinformatik, genetik mühendisliği, biyomedikal mühendisliği, gıda teknolojisi, nanobiyoteknoloji ve biyo-üretim gibi temel biyolojik bilimler ve mühendisliğin birden çok disiplini olarak da görülmektedir (Chekol & Gebreyohannes, 2018).

Biyoteknoloji çok çeşitli alanları kapsamakla birlikte; özellikle bitki biyoteknolojisi, mikrobiyal biyoteknoloji, hayvan biyoteknolojisi, çevresel biyoteknoloji ve sağlık biyoteknolojisi alanlarında kayda değer çalışmalar yapılmaktadır (Şekil 1) (Bach & Thuy, 2018). Bu makalede, biyoteknoloji çeşitlerinden bitki ve hayvan biyoteknolojisi üzerine değinilmiştir.

Şekil 1. Biyoteknolojinin Başlıca Alanları (Bach ve Thuy makalesinden modifiye edilmiştir) (Bach & Thuy, 2018).



1.1. Tarımsal Ürünlerde Biyoteknolojik Uygulamalar

Artan nüfus, artan gıda talebi, beliren su krizi, iklim değişikliği ve küresel ısınma, azalan besin maddesi bulunabilirliği tarımsal ve hayvansal ürünlerde modern biyoteknolojik yöntemlerin doğmasına neden olmuştur. Çünkü, geleneksel yetiştirme yöntemleri, çevresel strese karşı bitki genomlarını iyileştirme konusunda sınırlı bir potansiyele sahiptir. Son zamanlarda, genetik mühendisliği pamuk, mısır, pirinç, kanola ve soya fasulyesi gibi farklı mahsullerin genetiği değiştirilmiş çeşitlerinin geliştirilmesine büyük katkı sağlamıştır (Gahlawat vd., 2017).

Bitki ıslahında öncelikli amaç, verimi iyileştirmek, kaliteyi veya ürünün değerini artırmak ve zararlılara veya olumsuz koşullara karşı direnç geliştirmektir. Bu amaç için, pek çok biyoteknolojik araç kullanılmaktadır. En sık kullanılanı ve bilineni ise, istenen yeni çeşitlerin seleksiyonuna yardımcı olmak için moleküler işaretlerin kullanıldığı markör (işaretleyici) yardımlı geri çaprazlama (MAS) yaklaşımıdır.

Buradaki prensip, istenilen bir genin iyi adapte edilmiş elit bir türe dâhil edilmesi işlemidir. Bu zamana kadar, MAS ile birçok ürün çeşidine gıda kalitesi, yüksek verimlilik, hastalık direnci, biyotik ve abiyotik stres toleransı ve koku gibi birçok agronomik özellik dâhil edilmiştir. Örneğin; soya fasulyesi, mısır, kanola ve pamuk tohumu yağı gibi mahsuller, patojenlere ve herbisitlere karşı dirençli olacak, daha iyi besin profillerine sahip olacak veya elverişsiz koşulları tolere edecek şekilde genetik olarak tasarlanmıştır. Bitki biyoteknolojisinin tipik bir örneği, mısır üretiminde böcekleri kontrol etmek için *Bacillus thuringiensis*'ten toksik bir proteinin (Bt) kullanılması'dır (Bawa & Anilakumar, 2013; Fleming vd., 2018).

Genom dizilemede gelişmiş teknikler, özellikle yeni nesil dizileme (NGS) ve biyoinformatik araçlar, genlerin işlevlerini tanımlamak ve anlamak için büyük veritabanları sağlamaktadır. Özellikle, son zamanlarda tek nükleotid polimorfizmleri (SNP'ler) veya mikrosatellitler gibi oldukça polimorfik DNA markörlerinden elde edilen mevcut bilgiler, bitki ıslahı için çok yararlı olmuştur. Böylece, daha kısa zamanda ve daha kesin fonksiyonel ve bitki ıslahı çalışmaları yapılması sağlanmıştır (Bach & Thuy, 2018).

1.1.1. Genom Düzenleme

Hücrelerdeki doğal DNA onarım süreçlerinin anlaşılması, çeşitli genom düzenleme sistemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır. Böylece, genom düzenleme sistemleri ile genler hassas bir şekilde düzenlenerek istenilen ürünün iyileştirilmesi için yeni fırsatlar doğmuştur.

Genom düzenlemenin temel stratejisi, bir hedef bölgede bir DNA çift sarmal kırılmasını (DSB) indüklemek için diziye özgü bir nükleaz kullanmaktır. Daha sonra, ya donöre bağlı homolojiye yönelik onarım (HDR) yolu ya da hataya meyilli homolog olmayan uç birleştirme yolu DSB'yi onarır ve bir tür genetik değişiklik meydana getirir. Diziye özgü nükleazlar (Meganükleaz, çinko parmak nükleazlar (ZFN) ve transkripsiyon aktivatör benzeri efektör nükleazlar (TALEN) bitki genomunun düzenlenmesinde etkili olduğu, ancak karmaşık yapıları protein mühendisliği gerektirdiği ve bu da uygulanabilirliklerini sınırladığı düşünülmektedir.

Düzenli aralıklarla kümelenmiş kısa palindromik tekrarlar/Cas9 (CRISPR/Cas9), bitki genomlarını hassas bir şekilde manipüle etme konusundaki benzersiz yeteneği sayesinde, tarımda güçlü bir araç olarak ortaya çıkmıştır. Sadece istenilen özelliklere sahip yeni çeşitlerin geliştirilmesine yardımcı olmakla kalmayıp, aynı zamanda mevcut yetiştirme sistemlerinde de devrim yaratmıştır. Bu teknolojinin,

mahsül iyileştirme ve verimi artırmasının yanı sıra özellikle hastalık ve herbisit direncin de de etkin rol oynadığı görülmektedir. Örneğin, küresel pirinç üretimi, *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae.* 'nin neden olduğu yıkıcı bir hastalık olan bakteriyel yanıklık nedeniyle güçlü bir tehdit altındadır. Enfeksiyonlar sırasında, bir grup bakteriyel faktör, ürünleri hastalığa yatkınlık için gerekli olan *SWEET* genlerinin transkripsiyonunu aktive edebilir. *O.sativa SWEET11, O. sativa SWEET13* ve *O. sativa SWEET14'ün* promoter bölgesini mutasyona uğratarak CRISPR – Cas kullanarak, araştırmacılar, *X. oryzae* pv. *oryzae* 'ye karşı geniş spektrumlu dirençli pirinç hatları oluşturmuşlardır (Oliva vd., 2019; Xu vd., 2019; Zhu vd., 2020a).

Ayrıca, diğer bir gen düzenleyici RNA interferans (RNAi) teknolojisi ise mikroRNA'lar (miRNA)'dır. miRNA'lar, transkripsiyon sonrası aşamada gen ekspresyonunun düzenlenmesinde önemli bir rol oynayan yaklaşık 21-24 nükleotidden oluşan küçük kodlamayan RNA'lardır (Ambros, 2001; Gahlawat vd., 2017). Olgun miRNA, miRNA ile indüklenen bir susturma kompleksi (MIRISC) oluşumu yoluyla hedef mRNA'ya bağlanarak translasyonu böler veya inhibe etmektedir. Böylece hedef genin negatif regülâsyonunu sağlamaktadır. MiRNA'nın bitki gen ekspresyonunu düzenlemede önemli bir rol oynadığına dayanarak, bitki miRNA'larının tahmini, tanımlanması, işlevi ve evrimi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Buna ek olarak, birçok araştırma, miRNA'ların abiyotik stres altında birçok abiyotik ve biyotik stres türünde rol oynadığını, bitkilerin bir miktar miRNA ifade edebildiğini ve bitkilerin fizyolojik yanıtta strese uyum sağlamasını sağlayan stresle ilişkili hedef genler üzerinde hareket ettiğini kanıtlamaktadır. Reinhart ve ark., 2002, bitkinin farklı aşamalarında olgunlaşmasını kontrol eden, gelişim sırasında farklı şekilde ifade edilen 16 Arabidopsis miRNA'sını izole ederek onları karakterize etmişlerdir (Reinhart vd., 2002; B. Zhang vd., 2006).

Tablo 1. Bitkilerde genom düzenleme teknolojisinin uygulanmasına örnekler (Kamburova vd., 2017).

No	Çalışılan amaç veya özellikler	Bitki türleri	Kullanılan yöntem	Referanslar	Yıl
1	Gen modifikasyonu	*Arabidopsis thaliana*	ZFN	(K. Osakabe vd., 2010)	2010
2	Gen modifikasyonu	*Arabidopsis thaliana*	ZFN	(F. Zhang vd., 2010)	2010
3	Gen düzenleme	*Nicotiana tabacum*	ZFN	(Townsend vd., 2009)	2009
4	Endojen lokuslara hedefli entegrasyon	*Zea mays*	ZFN	(Shukla vd., 2009)	2009
5	Hedeflenen mutagenez	*Arabidopsis thaliana*	TALEN	(Christian vd., 2013)	2013
6	Hedeflenen mutagenez	*Oryza sativa*	TALEN	(H. Zhang vd., 2016)	2016
7	Gen düzenleme	*Oryza sativa*	TALEN	(T. Li vd., 2012)	2012
8	Hedeflenen transkripsiyonel gen baskılama	*Arabidopsis thaliana*	TALEN	(Mahfouz vd., 2012)	2012
9	Herbisit direnci	*Arabidopsis thaliana*	ODM	(Sauer vd., 2016).	2016
10	Herbisit direnci	*Nicotiana tabacum*	ODM	(Sauer vd., 2016)	2016
11	Herbisit direnci	*Oryza sativa*	ODM	(Sauer vd., 2016)	2016

12	Herbisit direnci	*Zea mays*	ODM	(Sauer vd., 2016)	2016
13	Herbisit direnci	*Brassica napus*	ODM	(Sauer vd., 2016)	2016
14	Gen nakavt veya düzenleme	*Arabidopsis thaliana*	CRISPR /Cas	(Mao vd., 2013)	2013
15	Gen nakavt veya düzenleme	*Nicotiana benthamiana*	CRISPR /Cas	(J.-F. Li vd., 2013)	2013
16	Gen nakavt veya düzenleme	*Nicotiana tabacum*	CRISPR /Cas	(Gao vd., 2015)	2015
17	Verim artışı	*Solanum lycopersicum*	CRISPR /Cas	(Soyk vd., 2017)	2017
18	Tuz direnci	*Oryza sativa*	CRISPR /Cas	(Y. Osakabe vd., 2016)	2016
19	Kuraklığa direnç	*Oryza sativa*	CRISPR /Cas	(Shan vd., 2013)	2013
20	Herbisit direnci	*Zea mays*	CRISPR /Cas	(Svitashev vd., 2015)	2015
21	Biyotik stres	*Triticum aestivum*	CRISPR /Cas	(Y. Wang vd., 2014)	2014
22	Biyotik stres	*Oryza sativa*	CRISPR /Cas	(F. Wang vd., 2016)	2016

Kısaltmalar: ZFN: çinko parmak nükleazlar, TALEN: transkripsiyon aktivatör benzeri efektör nükleazlar, ODM:Oligonükleotide Yönelik Mutagenez, CRISPR /Cas: Düzenli aralıklarla kümelenmiş kısa palindromik tekrarlar/Cas.

1.1.2.Transgenik Bitkiler

"Genetiği değiştirilmiş organizmalar" (GDO'lar), genetik materyalleri (DNA) doğal olmayan yollarla değiştirilmiş organizmalar olarak tanımlanmaktadır. Bu teknoloji aynı zamanda modern biyoteknoloji veya gen teknolojisi olarak da adlandırılır, bazen rekombinant DNA (rDNA) teknolojisi veya genetik mühendisliği olarak da bilinmektedir (Gupta vd., 2017).

İlk farmasötik insan büyüme hormonu 1986'da transgenik tütünden elde edilmiştir. İstenen özelliği kodlayan genin öncelikle tanımlanma, seçilme, çıkarılma ve doğrudan başka bir bitki genomuna aktarılma işlemleri gerçekleşmektedir. Daha sonra, özelliği kontrol eden istenen genin varlığı, güvenilir markör yardımıyla büyümenin herhangi bir aşamasında test edilebilmektedir (Gupta vd., 2017).

Genetiği değiştirilmiş (GM) bitkiler, 1990'lardan beri yaygın olarak kullanılmaktadır. İlk GM mahsulü 1992'de piyasaya sürülmüştür. Pamuk, mısır, soya fasulyesi vb. bitkiler *Bacillus thuringeniesis*'ten böcek direnci genine sahip GM bitkilerdir. Günümüzde birçok bitki, verimi iyileştirmek ve arttırmak için genetik olarak değiştirilmiştir. GM bitkilere kazandırılan özellikler; böcek dirençliliği (mısır, patates, pamuk), herbisit dirençliliği (mısır, soya, pamuk, pirinç, şeker pancarı), virüs dirençliliği (kabak, patates), yağ miktarının artırılması (kanola, soya)'dır. Bu teknolojinin, en büyük amacı da hiç kuşkusuz besin üretimini artırmanın yanı sıra ürün kalitesini de iyileştirmektir. Bu anlamda yapılan en önemli Uluslar arası çalışma, Altın pirinç çalışması'dır. Pirincin doğal varyeteleri yeterli miktarda A vitamini sağlayamazken; üretilen altın pirinç ile yüksek miktarda A vitamini öncülü olan β-karoten ve diğer karotenoidler sağlanmıştır. Diğer taraftan, bitkiler ile aşılar, antikorlar ve diğer proteinler gibi rekombinant farmasötiklerin üretimi için de çalışmalar yapılmaktadır (Barnum, 2005).

Genetik manipülasyon birçok farklı tekniği içerir; ancak temel prensipleri benzer ve basittir. Farklı teknikler, farklı bireylerde etkinlik gösterir, bu nedenle en uygun ve standartlaştırılmış teknik, rekombinantlar oluşturmak için kullanışlıdır. Bitki hücrelerindeki transformasyon iki şekilde yapılmaktadır: Partikül bombardımanı ve *Agrobacterium tumefaciens* aracılı gen transferi'dir (Gupta vd., 2017).

Genetiği değiştirilmiş mahsullerin ekimi yapılan alan günümüzde büyük ölçüde artmış olsa da, çevrenin kirlenmesi, çapraz tozlaşma ve diğer mahsullerin kirlenmesi ve transgenin etkileri bu teknolojinin dezavantajları olarak görülmektedir (Balgir vd., 2018).

1.1.3. Bitki Doku Kültürü ve Somaklonal Varyasyon

Bitki doku kültürü, bitkisel organların, tohumların, embriyoların, ya da hücrelerin steril in vitro kültür ortamında yetiştirilmesi tekniğidir. Bu teknik, mahsuller için hastalıksız ekim materyalinin çoğaltılmasına izin verir. Doku kültürü kullanılarak üretilen mahsullerin örnekleri arasında turunçgiller, ananas, avokado, mango, muz, kahve, şeker kamışı, elma ve papaya'dır. Bitki doku kültürleri tarafından geliştirilen genetik çeşitliliğe somaklonal varyasyon adı verilmektedir. Bu teknik, istenilen özelliklerde besin ve süs bitkilerinin yetiştirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca, bu teknik stres koşullarına dayanıklılık ve tohum kalitesinin arttırılmasında da kullanılmaktadır (Barnum, 2005).

1.2. Hayvansal Ürünlerde Biyoteknolojik Uygulamalar

Tarım ve hayvancılıkta bazı istenilen özellikler vardır (Tablo 2). Hızlı büyüme ve üreme, yün kalitesi ve süt kalitesinin artması gibi özellikler, biyoteknolojik yöntemler ile mümkün olabilmektedir.

Şu anda evcilleştirilmiş hayvanlarda görülen çok çeşitli fenotipler, yüzyıllar boyunca insan güdümlü yetiştirmenin ürünüdür. Çiftlik hayvanlarının 10.000 yıldan daha uzun bir süre önce evcilleştirildiğine dair çarpıcı kanıtlar, süt ve süt ürünlerinin o zamanlar zaten normal bir insan diyetinin parçası olduğunu gösteren arkeolojik bulgularla sağlanmaktadır. Şu anda evcilleştirilmiş hayvanlarda görülen çok çeşitli fenotipler, yüzyıllar boyunca insan güdümlü yetiştirmenin ürünüdür. Geçen yüzyıla kadar, belirli fenotipler veya üretim özellikleri için yetiştirme stoğu seçimi, yalnızca on dokuzuncu yüzyılın sonlarında istatistiksel metodolojilerin geliştirilmesi ve tanıtılmasının ardından tanıtılan belirli genotipler için bilime dayalı niceleme ve ıslahla basit gözlemlerle yapılmıştır. Genetik özelliklerin doğru ve güvenilir tahmin edilmesi ıslah uygulamalarında devrim yaratarak, DNA teknolojisindeki ilerlemelerle birlikte nihayetinde bugün kullanılan nicel moleküler genetik seleksiyon prosedürlerine yol açmıştır. Bir sonraki büyük aşama ise, son 50 yılda büyüyen bir üreme biyoteknolojisi dizisinin, özellikle de suni tohumlama (AI) ve embriyo transferinin (ET) ilerlemesidir. Şu anda ise, artık sadece genomları kesin ve güvenilir bir şekilde analiz etmenin mümkün olmakla kalmayıp, aynı derecede hassas ve güvenilir bir şekilde, hem istenen üretim özelliklerini geliştirmek hem de yeni üretim özelliklerini sunmak için genom mühendisliğini yapmanın mümkün olmasıdır. Aynı zamanda, somatik hücrelerinin genom kaynağı olarak kullanılması ile, güvenilir klonlama prosedürleri ge-

liştirilmiştir. Bu gelişme, hayvan yetiştirme işletmeleri için heyecan verici bir gelecek sağlayan ve yeni olasılıklar ufkunu açan büyük bir başarı olarak düşünülmektedir. Hayvancılık ve hayvan biyoteknolojisinin gelişiminde önemli tarihi aşamalar Tablo 3'te detaylı olarak verilmiştir (Niemann & Wrenzycki, 2018).

Tablo 2. Tarım hayvanlarında istenilen özellikler

Hızlı büyüme ve üreme
Daha iyi sağlık, hastalık direnci vb.
Uygun son ürün özellikleri, örneğin et, süt, postlar,
Yün kalitesi
Atletik performans
Isıya ve parazitlere tolerans gibi çevresel uyum
Üreme popülasyonlarında uzun ömür
Düşük yağ içeriği
Et, süt, yumurta veriminin artırılması, maliyetin düşürülmesi

Gametlerin veya embriyoların dondurularak saklanması, sperm veya yumurtaların uzun süreli korunması ve depolanması, biyoteknoloji de umut verici bir tekniktir (Alexandrov vd., 2013).

Tablo 3. Hayvancılık ve hayvan biyoteknolojisinin gelişiminde önemli tarihi aşamalar (Niemann & Wrenzycki, 2018).

~ 12.000–15.000 MÖ	Çiftlik hayvanlarının evcilleştirilmesinin başlangıcı
~ 8.000 MÖ	Taurin ve zebu sığırlarının ayrılması
16 yy MS	Çiftlik hayvanı yetiştiriciliğinde kullanılan istatistiksel kavramların ortaya çıkışı
1677	Sperm hücrelerinin keşfi
1780	İlk başarılı tohumlama (köpek)
1866	Mendel yasalarının ilk yayını
1891	İlk başarılı ET (tavşan)
1934	Koyunlarda ilk başarılı ET
>1940	Çiftlik hayvanlarında genetik kazancı hızlandırmak için nicel genetik kavramların ortaya çıkışı
1949	Keçide ilk başarılı ET
>1970	Çiftlik hayvanlarında AI'nın yaygın saha uygulaması
1971	Memeli embriyolarının (fare) ilk başarılı dondurma / çözdürme işlemi
1973	Sığır embriyolarının ilk başarılı dondurulması
1980	Monozigotik ikizlerin embriyo bölünmesiyle ilk başarılı üretimi (koyun)
1982	In vitro üretilen embriyoların transferinden sonra ilk buzağı
1985	Mikroenjeksiyon yoluyla ilk transgenik çiftlik hayvanları (tavşanlar, koyunlar ve domuzlar)
1985	Fare embriyolarının ilk başarılı vitrifikasyonu
1985	Domuzda ilk başarılı IVF
1986	Koyunlarda ilk başarılı embriyonik klonlama

1989	Cinsiyete göre ayrılmış meni kullanımından sonra ilk yavruların (tavşanların) doğumu
>1990	Çiftlik hayvanlarında QTL'lerin artan kullanımı
1996	Somatik hücrelerle ilk başarılı klonlama ("Dolly")
1998	SCNT'nin transfekte donör hücreler ("Polly") ile kullanımından sonraki ilk transgenik hayvan (koyun)
>2000	MAS konseptlerinin artan önemi
2001	Yayınlanan genomik ıslah değeri kavramı; İnsan genomunun yayınlanması
2004	Tavuk genomu yayınlandı
2006	Köpek ve arı genomu yayınlandı
2009	Evcil sığır ve at genomu yayınlandı
>2010	Önemli sığır ırklarında GBV'nin büyüyen uygulaması
2011	Gen düzenleme (ZFN'ler) kullanımıyla indüklenen biallelik knockdown ilk domuzlar
2012	Domuz genomu yayınlandı
2013	CRISPR / Cas kullanımından sonra ilk genetiği değiştirilmiş domuzlar
2014	Koyun genomu yayınlandı
2017	Keçi genomu yayınlandı

Kısaltmalar: ET embriyo transferi, AI suni tohumlama, IVF in vitro fertilizasyon, QTL kantitatif özellik lokusları, MAS markör destekli üreme, SCNT somatik hücre nükleer transferi, GBV genomik üreme değeri, ZFN'ler çinko parmak nükleazları, CRISPR / Cas düzenli aralıklarla kümelenmiş kısa palindromik tekrarlar, MÖ Millattan Önce.

1.2.1.Transgenik Hayvanlar

Genetiği değiştirilmiş organizmaların (GDO'lar) bir alt kümesi olarak transgenik hayvanlar, farklı tür kökenli DNA'ya sahip olan organizmalardır; eklenen DNA / gen, transgen olarak bilinmektedir. Transgen, rekombinant DNA teknolojisi kullanılarak hayvana verilir ve germ hattı yoluyla aktarılmalıdır, böylece hayvanın germ hücreleri dâhil her hücresi aynı değiştirilmiş genetik materyali içermektedir. Transgenik hayvanlar üretilirken kullanılan iki temel strateji bulunmaktadır. Bu stratejiler, "işlev kazancı" veya "işlev kaybı" transgenikleri olarak adlandırılmaktadır. "İşlev kazanımı", daha önce o hücre veya doku tipinde bulunmayan bir gen ürününün yeni ifadesini elde etmek için bir hayvanın genomuna klonlanmış bir DNA fragmanının eklenmesine dayanmaktadır. "İşlev kaybı" ise, değiştirildikten sonra kaybolan/ inaktif bir genin işlevini belirlemenin ve ardından fiziksel tezahürünü (fenotip) gözlemlemenin daha doğrudan bir yoludur (Gupta vd., 2017).

Transgenik hayvan üretmenin birkaç yöntemi vardır:

1. DNA mikroenjeksiyonu,
2. Retrovirüs aracılı gen transferi,
3.Embriyonik kök hücre aracılı transfer
4.Hücrelere ve embriyolara lipozom aracılı DNA transferi.

Genel olarak transgenik hayvanlar, tarım, tıp ve endüstri alanlarında önemli uygulamalara sahiptir.

Tarımda, inekler ve mandalar daha fazla süt, koyunlar daha fazla yün, büyük ve etli hayvanlar yiyecek olarak tüketilmek üzere daha fazla et üretmek için tasarlanmıştır (Gupta vd., 2017).

2. SONUÇ

Küresel tarımsal üretim, benzeri görülmemiş zorluklarla karşı karşıyadır. 2050 yılına kadar dünya nüfusu 9,6 milyara ulaşacağı ve temel mahsullere ve besine olan talepin % 70 artacağı ön görülmektedir (Zhu vd., 2020b). Bitki ve hayvan ıslah çalışmaları ile geçmişten günümüze kadar önemli çalışmalar yapılmış olup, hala yapılmaya da devam etmektedir. Ancak, geleneksel ıslah çalışmalarının hızlı olmaması ve artan nüfus sayısı, toprakların bozulması, tuzluluk, ağır metaller ve hidrokarbonlarla kirlenme, kuraklık, çölleşme, ormansızlaşma gibi etmenler tarımsal ve hayvansal ürünlerde biyoteknolojinin doğmasına ve ilerlemesine neden olmuştur. Bu teknoloji ile, biyotik ve abiyotik strese dayanıklı bitkiler yetiştirilebilindiği gibi; besin kalitesi yüksek, yağ içeriği düşük, hastalıklara dirençli, yün kalitesi iyi, fazla süt miktarı gibi istenilen ürün ve özellikte hayvanların da yetişmesi sağlanmaktadır.

KAYNAKÇA

Alexandrov, T., Chernyavsky, I., Becker, M., von Eggeling, F., & Nikolenko, S. (2013). Analysis and interpretation of imaging mass spectrometry data by clustering mass-to-charge images according to their spatial similarity. *Analytical chemistry*, *85*(23), 11189–11195.

Ambros, V. (2001). microRNAs: Tiny regulators with great potential. *Cell*, *107*(7), 823–826.

Bach, N. D., & Thuy, L. T. B. (2018). Current Research, Challenges, and Perspectives of Biotechnology: An Overview. *Vietnam Journal of Agricultural Sciences*, *1*(2), 187–199.

Balgir, P. P., Rani, S., & Vishal. (2018). Genome Editing. Içinde S. K. Gahlawat, J. S. Duhan, R. K. Salar, P. Siwach, S. Kumar, & P. Kaur (Ed.), *Advances in Animal Biotechnology and its Applications* (ss. 19-31). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-4702-2_2

Barnum, S. R. (2005). Biotechnology: An introduction. *Animal Biotechnology*, *1*, 2.

Bawa, A. S., & Anilakumar, K. R. (2013). Genetically modified foods: Safety, risks and public concerns—a review. *Journal of food science and technology*, *50*(6), 1035–1046.

Chekol, C., & Gebreyohannes, M. (2018). Application and Current Trends of Biotechnology: A Brief Review. *Austin Journal of Biotechnology & Bioengineering*, *5*(1), 1–8.

Christian, M., Qi, Y., Zhang, Y., & Voytas, D. F. (2013). Targeted mutagenesis of Arabidopsis thaliana using engineered TAL effector nucleases. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, *3*(10), 1697–1705.

Fleming, D., Musser, F., Reisig, D., Greene, J., Taylor, S., Parajulee, M., Lorenz, G., Catchot, A., Gore, J., & Kerns, D. (2018). Effects of transgenic Bacillus thuringiensis cotton on insecticide use, heliothine counts, plant damage, and cotton yield: A meta-analysis, 1996-2015. *PloS one*, *13*(7), e0200131.

Gahlawat, S. K., Salar, R. K., Siwach, P., Duhan, J. S., Kumar, S., & Kaur, P. (2017). *Plant Biotechnology: Recent Advancements and Developments*. Springer.

Gao, J., Wang, G., Ma, S., Xie, X., Wu, X., Zhang, X., Wu, Y., Zhao, P., & Xia, Q. (2015). CRISPR/Cas9-mediated targeted mutagenesis in Nicotiana tabacum. *Plant molecular biology*, *87*(1-2), 99–110.

Gupta, V., Sengupta, M., Prakash, J., & Tripathy, B. C. (2017). Transgenic Animals and Plants. İçinde *Basic and Applied Aspects of Biotechnology* (ss. 103–123). Springer.

Kamburova, V. S., Nikitina, E. V., Shermatov, S. E., Buriev, Z. T., Kumpatla, S. P., Emani, C., & Abdurakhmonov, I. Y. (2017). Genome editing in plants: An overview of tools and applications. *International Journal of Agronomy*, *2017*.

Li, J.-F., Norville, J. E., Aach, J., McCormack, M., Zhang, D., Bush, J., Church, G. M., & Sheen, J. (2013). Multiplex and homologous recombination–mediated genome editing in Arabidopsis and Nicotiana benthamiana using guide RNA and Cas9. *Nature biotechnology*, *31*(8), 688–691.

Li, T., Liu, B., Spalding, M. H., Weeks, D. P., & Yang, B. (2012). High-efficiency TALEN-based gene editing produces disease-resistant rice. *Nature biotechnology*, *30*(5), 390.

Mahfouz, M. M., Li, L., Piatek, M., Fang, X., Mansour, H., Bangarusamy, D. K., & Zhu, J.-K. (2012). Targeted transcriptional repression using a chimeric TALE-SRDX repressor protein. *Plant molecular biology*, *78*(3), 311–321.

Mao, Y., Zhang, H., Xu, N., Zhang, B., Gou, F., & Zhu, J.-K. (2013). Application of the CRISPR–Cas system for efficient genome engineering in plants. *Molecular plant*, *6*(6), 2008–2011.

Niemann, H., & Wrenzycki, C. (Ed.). (2018). *Animal Biotechnology 1: Reproductive Biotechnologies*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92327-7

Oliva, R., Ji, C., Atienza-Grande, G., Huguet-Tapia, J. C., Perez-Quintero, A., Li, T., Eom, J.-S., Li, C., Nguyen, H., & Liu, B. (2019). Broad-spectrum resistance to bacterial blight in rice using genome editing. *Nature biotechnology*, *37*(11), 1344–1350.

Osakabe, K., Osakabe, Y., & Toki, S. (2010). Site-directed mutagenesis in Arabidopsis using custom-designed zinc finger nucleases. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*(26), 12034–12039.

Osakabe, Y., Watanabe, T., Sugano, S. S., Ueta, R., Ishihara, R., Shinozaki, K., & Osakabe, K. (2016). Optimization of CRISPR/Cas9 genome editing to modify abiotic stress responses in plants. *Scientific reports*, *6*, 26685.

Reinhart, B. J., Weinstein, E. G., Rhoades, M. W., Bartel, B., & Bartel, D. P. (2002). *MicroRNAs in plants Genes Dev*.

Sauer, N. J., Mozoruk, J., Miller, R. B., Warburg, Z. J., Walker, K. A., Beetham, P. R., Schöpke, C. R., & Gocal, G. F. (2016). Oligonucleotide-directed mutagenesis for precision gene editing. *Plant Biotechnology Journal*, *14*(2), 496–502.

Shan, Q., Wang, Y., Li, J., Zhang, Y., Chen, K., Liang, Z., Zhang, K., Liu, J., Xi, J. J., & Qiu, J.-L. (2013). Targeted genome modification of crop plants using a CRISPR-Cas system. *Nature biotechnology*, *31*(8), 686–688.

Shukla, V. K., Doyon, Y., Miller, J. C., DeKelver, R. C., Moehle, E. A., Worden, S. E., Mitchell, J. C., Arnold, N. L., Gopalan, S., & Meng, X. (2009). Precise genome modification in the crop species Zea mays using zinc-finger nucleases. *Nature*, *459*(7245), 437–441.

Soyk, S., Müller, N. A., Park, S. J., Schmalenbach, I., Jiang, K., Hayama, R., Zhang, L., Van Eck, J., Jiménez-Gómez, J. M., & Lippman, Z. B. (2017). Variation in the flowering gene SELF PRUNING 5G promotes day-neutrality and early yield in tomato. *Nature Genetics*, *49*(1), 162–168.

Svitashev, S., Young, J. K., Schwartz, C., Gao, H., Falco, S. C., & Cigan, A. M. (2015). Targeted mutagenesis, precise gene editing, and site-specific gene insertion in maize using Cas9 and guide RNA. *Plant physiology*, *169*(2), 931–945.

Townsend, J. A., Wright, D. A., Winfrey, R. J., Fu, F., Maeder, M. L., Joung, J. K., & Voytas, D. F. (2009). High-frequency modification of plant genes using engineered zinc-finger nucleases. *Nature*, *459*(7245), 442–445.

Wang, F., Wang, C., Liu, P., Lei, C., Hao, W., Gao, Y., Liu, Y.-G., & Zhao, K. (2016). Enhanced rice blast resistance by CRISPR/Cas9-targeted mutagenesis of the ERF transcription factor gene OsERF922. *PloS one*, *11*(4), e0154027.

Wang, Y., Cheng, X., Shan, Q., Zhang, Y., Liu, J., Gao, C., & Qiu, J.-L. (2014). Simultaneous editing of three homoeoalleles in hexaploid bread wheat confers heritable resistance to powdery mildew. *Nature biotechnology*, *32*(9), 947–951.

Xu, Z., Xu, X., Gong, Q., Li, Z., Li, Y., Wang, S., Yang, Y., Ma, W., Liu, L., & Zhu, B. (2019). Engineering broad-spectrum bacterial blight resistance by simultaneously disrupting variable TALE-binding elements of multiple susceptibility genes in rice. *Molecular plant*, *12*(11), 1434–1446.

Zhang, B., Pan, X., Cobb, G. P., & Anderson, T. A. (2006). Plant microRNA: A small regulatory molecule with big impact. *Developmental biology*, *289*(1), 3–16.

Zhang, F., Maeder, M. L., Unger-Wallace, E., Hoshaw, J. P., Reyon, D., Christian, M., Li, X., Pierick, C. J., Dobbs, D., & Peterson, T. (2010). High frequency targeted mutagenesis in Arabidopsis thaliana using zinc finger nucleases. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*(26), 12028–12033.

Zhang, H., Gou, F., Zhang, J., Liu, W., Li, Q., Mao, Y., Botella, J. R., & Zhu, J.-K. (2016). TALEN-mediated targeted mutagenesis produces a large variety of heritable mutations in rice. *Plant biotechnology journal*, *14*(1), 186–194.

Zhu, H., Li, C., & Gao, C. (2020a). Applications of CRISPR–Cas in agriculture and plant biotechnology. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, *21*(11), 661-677. https://doi.org/10.1038/s41580-020-00288-9

Zhu, H., Li, C., & Gao, C. (2020b). Applications of CRISPR–Cas in agriculture and plant biotechnology. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, *21*(11), 661-677. https://doi.org/10.1038/s41580-020-00288-9

BALIK PATOJENLERİNE KARŞI OLEUROPEİNİN ANTİBAKTERİYEL AKTİVİTESİ

Dr. Öğr. Görevlisi Ebru YILMAZ
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi

Doç. Dr. Sevdan YILMAZ
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

ÖZET: Balık yetiştiriciliğinde, antibiyotikler ve çeşitli kimyasalların yaygın kullanımı, sucul habitatta birikimlere ve antibiyotiğe dirençli bakterilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Balık hastalıklarını önlemek için gelecek vaat eden alternatif bir yaklaşım, balıkların patojenlere karşı savaşmasında yardımcı olan alternatif antimikrobiyal besin takviyelerinin kullanılmasıdır. Fenolikler, polisakkaritler, proteoglikanlar ve flavonoidler bulaşıcı mikropların önlenmesinde veya kontrol edilmesinde önemli rol oynayan besin takviyeleridir. Bu araştırmada, zeytin ağacının temel fenolik bileşiği olan oleuropeinin balık patojenlerine (*Aeromonas hydrophila* SY-AH2, *Yersinia ruckeri* E42, *Aeromonas salmonicida* ATCC 33658, *Aeromonas sobria* SY-AS1, *Aeromonas veronii* SY-AV10, *Streptococcus iniae* ATCC 29177, *Lactococcus garvieae* SY-LG1, *Edwardsiella tarda* SY-ED1) karşı *in vitro* antibakteriyel etkisi disk difüzyon yöntemi ile tespit edilmiştir. Disk difüzyon testi sonuçlarına göre, oleuropeinin, *Aeromonas hydrophila* SY-AH2, *Yersinia ruckeri* E42, *Aeromonas salmonicida* ATCC 33658, *Aeromonas sobria* SY-AS1, *Aeromonas veronii* SY-AV10' ye karşı güçlü antibakteriyel aktivite gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Oleuropein, Antibakteriyel Etki, Disk Difüzyon Testi, Bakteriyel Balık Patojenleri

Antibacterial Activity of Oleuropein Againts Fish Pathogens

ABSTRACT: In fish farming, the widespread use of antibiotics and chemicals causes accumulation in aquatic habitat and emergence of bacteria resistant to antibiotics. A promising alternative approach to prevent fish diseases is the use of antimicrobial nutritional supplements that help fish in order to fight against pathogens. Phenolic, polysaccharides, proteoglycans and flavonoids are dietary supplements that play an important role in preventing or controlling infectious microbes. In this study, in vitro antibacterial effect of the

main phenolic compound of olive tree, oleuropein was determined by disc diffusion method against fish pathogens (*Aeromonas hydrophila* SY-AH2, *Yersinia ruckeri* E42, *Aeromonas salmonicida* ATCC 33658, *Aeromonas sobria* SY-AS1, *Aeromonas veronii* SY-AV10, *Streptococcus iniae* ATCC 29177, *Lactococcus garvieae* SY-LG1, *Edwardsiella tarda* SY-ED1). According to the disk diffusion test results, oleuropein showed strong antibacterial activity against *Aeromonas hydrophila* SY-AH2, *Yersinia ruckeri* E42, *Aeromonas salmonicida* ATCC 33658, *Aeromonas sobria* SY-AS1, *Aeromonas veronii* SY-AV10.

Keywords: Oleuropein, Antibacterial Effect, Disc Diffusion Test, Bacterial Fish Pathogens

1.GİRİŞ

En önemli düşük maliyetli alternatif antibakteriyeller bitkiler, deniz yosunları, mikro algler ve mikrobiyal sekonder metabolitlerden elde edilir, bunlar bakteriyel patojenlerin kontrollerinde ve ticari antibiyotiklerle ilişkili dezavantajları önlemekte son derece etkilidir. Bitkiler, deniz yosunları, mikro algler ve mikrobiyal sekonder metabolitler sadece antibakteriyel etkiler sağlamakla kalmaz, aynı zamanda antistres, immün stimülasyon, antioksidan, iştah uyarımı ve karaciğer fonksiyonu üzerinde de yararlı etkileri vardır (Citarasu, 2012: 426-427).

Otlar, çalılar, yüksek bitkiler ve tıbbi bitkiler antimikrobiyal etkili zengin kaynaklardır. Uçucu yağlar, alkaloidler, flavonoidler, seskiterpen laktonlar, terpenler, triterpenler, fenoller, kinonlar ve lektinler en eski farmakolojik aktif bileşenlerdir. Fenolikler, alkaloidler, polisakkaritler ve flavonoidler infeksiyöz mikroplardan korunmada önemli rol oynamaktadırlar (Citarasu, 2012: 428).

Fenolikler, aromatik bir hidrokarbon grubuna bağlı bir hidroksil ($^{-}$OH); grubundan oluşan kimyasal bileşikler sınıfını oluşturur ve mikroorganizmaların saldırılarına karşı savunma görevi görürler (Citarasu, 2012:437).

Oleuropein, oleanolik asidin heterosiklik bir esteridir ve hidroksitirosol ve insan sağlığı üzerinde faydalı etkilere sahiptir (Özdemir et al., 2014:1).

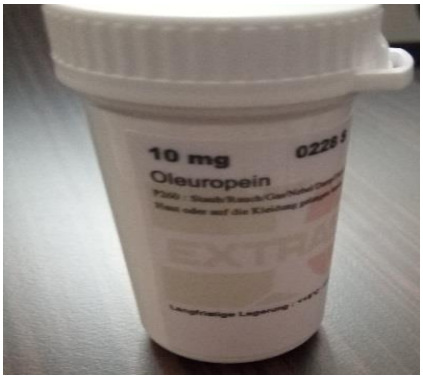
Oleuropeinin *in vitro* çalışmalarda, gram-pozitif bakteriler ve gram-negatif bakteriler üzerinde (*Bacillus subtilis, Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa*) yüksek antimikrobiyal etki gösterdiği tespit edilmiştir (Fleming ve ark.,1973 :779-780). Aynı zamanda, oleuropeinin kardiyoprotektif, antienflamatuar, antioksidan, anti-kanser, anti-anjiyojenik ve nöroprotektif etkilere sahip olduğu bilinmektedir (Sun ve ark., 2017:17409).

Bu çalışmada; *Yersinia ruckeri, Aeromonas salmonicida, Edwardsiella tarda, Aeromonas sobria, Aeromonas veronii, Aeromonas hydrophila, Streptococcus iniae* ve *Lactococcus garvieae,* bakteriyel patojenlerine karşı Oleuropeinin *in vitro* antibakteriyel etkileri incelenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1.Fenolik Bileşik

Araştırmada ticari bir firmadan (Extrasynthese, Genay Cedex, FRANCE) temin edilen Oleuropein fenolik bileşiği kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Oleuropein

2.2.Disk Difüzyon Analizi

Disk difüzyon testi için Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2005) standartları uygulanmıştır (CLSI 2005; Miller, 2003: 4318–4323). Bu amaçla balık patojenleri uygun sıvı besiyeri ve inkübasyon sıcaklığında üretilmiştir (Tablo 1). Devamında aynı besi ortamının katı besiyerine geçişleri yapılarak ve en iyi gelişim gösteren koloniler seçilerek yoğunluğu sıvı besi ortamında 0,5 McFarland olarak ayarlanmıştır. Yoğunluğu ayarlanmış (0,5 McF) sıvı besi ortamından uygun besiyeri üzerine steril pamuk swab ile geçiş yapılmıştır. Geçiş yapıldıktan sonra disk difüzyon testi için Oleuropein emdirilmiş (2 mg/disk) steril diskler katı besiyeri üzerine konarak, uygun sıcaklıkta 24 saat inkübasyon sıcaklığından sonra oluşan inhibisyon zonu kumbas yardımıyla mm olarak ölçülmüştür. Ölçüm skalası (disk çapı dahil): ≥20 mm inhibisyon bölgesi kuvvetle inhibe edicidir; <20-12 mm inhibisyon bölgesi orta / hafif derecede inhibe edicidir; ve <12 mm inhibitör değildir (Rota ve ark., 2008: 681-687).

Tablo 1. Çalışmada kullanılan bakteri suşlarının özellikleri ve kültür koşulları

Patojen Bakteri Türü	**Balık Türü**	**Kabul numaraları**	**Besi Ortamı**	**Üreme Sıcaklığı (°C)**
Aeromonas hydrophila SY-AH2	*O. niloticus*	MG844996	MH/TS	37
Yersinia ruckeri E42	*O. mykiss*	KX388238	MH	22
Aeromonas salmonicida ATCC 33658	-	-	MH	24
Aeromonas sobria SY-AS1	*Cyprinus carpio haematopterus*	KY126835	MH	28
Aeromonas veronii SY-AV10	*O.niloticus*	MG563680	MH	37
Streptococcus iniae ATCC 29177		BHI+5% Blood/BHI	-	37
Lactococcus garvieae SY-LG1	*O.mykiss*	KY118086	MH	24
Edwardsiella tarda SY-ED1	*O.niloticus*	KX388234	MH	28

MH: Mueller-Hinton, BHI: Brain Heart Infusion Media

3.BULGULAR

Disk difüzyon testi sonuçlarına göre oleuropeinin, *Aeromonas hydrophila* SY-AH2, *Yersinia ruckeri* E42, *Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida* ATCC 33658, *Aeromonas sobria* SY-AS1 ve *Aeromonas veronii* SY-AV10 üzerinde güçlü bir inhibe edici etki göstermiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Oleuropein fenolik bileşiğinin farklı balık patojenlerine karşı antibakteriyel aktivitesi

Bakteriler	**Zone (mm)**
Aeromonas hydrophila SY-AH2	16
Yersinia ruckeri E42	20
Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida ATCC 33658	24
Aeromonas sobria SY-AS1	20
Aeromonas veronii SY-AV10	18
Streptococcus iniae ATCC 29177	-
Lactococcus garvieae SY-LG1	-
Edwardsiella tarda SY-ED1	-

-: İnhibisyon zonu yok

4.TARTIŞMA

Oleuropein (Ole), zeytin yaprağının (*Olea europaea*) başlıca fenolik bileşenidir, ayrıca zeytinin yağı ve meyvesinde de bulunur (Caturla ve ark., 2005: 2-17).

Oleuropeinin, insanda çeşitli Gram-pozitif ve Gram-negatif patojenik bakteri suşlarına karşı antibakteriyel aktivite gösterdiği bilinmektedir (Bisignano ve ark., 1999:971-4).

Micol ve ark. (2005) tarafından, zeytin ağacı (*Olea europaea*) yaprağından elde edilen ticari bir bitki ekstraktını ve bu ekstraktın ana bileşeni olan oleuropein (Ole)' in balıklarda patojen olan (salmonid rhabdovirus) VHSV' ye karşı in vitro antiviral aktivitesi belirlenmiştir. Farklı bir çalışmada Friedman ve ark., (2013) oleuropeinin *S. aureus* ve *S. enterica.* patojenlerine karşı etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Aeromonas hydrophila, Yersinia ruckeri, Aeromonas salmonicida, Aeromonas sobria ve *Aeromonas veronii* kültüre alınan balık türleri için önemli patojenlerdir.

Yaptığımız çalışmada oleuropeinin bu patojenlere karşı antibakteriyel etkiye sahip olduğu bulunmuştur.

5. SONUÇ

Disk difüzyon testi sonuçlarına göre, oleuropeinin, *Aeromonas hydrophila* SY-AH2, *Yersinia ruckeri E42*, *Aeromonas salmonicida* ATCC 33658, *Aeromonas sobria* SY-AS1, *Aeromonas veronii* SY-AV10' ye karşı güçlü antibakteriyel aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, gelecekte oleuropeinin etkisini belirlemek üzere *in vivo* çalışmalar yapılabilir.

KAYNAKÇALAR

BİSİGNANO, G. TOMAİNO, A. LO CASCİO, R. CRİSAFİ, G. UCCELLA, N. SAİJA, A. (1999). "On the in-vitro antimicrobial activity of oleuropein and hydroxytyrosol." Journal of Pharmacy and Pharmacology, 51(8):971-4.

CATURLA, N. PEREZ-FONS, L. ESTEPA, A. MİCOL, V. (2005). "Differential effects of oleuropein, a biophenol from *Olea europaea*, on anionic and zwiterionic phospholipid model membranes." Chemistry and Physics of Lipids, 137(1-2):2–17.

CİTARASU, T. (2012). Natural antimicrobial compounds for use in aquaculture. In Infectious Disease in Aquaculture: Prevention and Control; Austin, B., Ed.;Woodhead Publishing: Cambridge, UK, 419–457.

CLSI, (2005). Methods for Antimicrobial Disk Susceptibility Testing of Bacteria Isolated From Aquatic Animals, Proposed Guideline. CLSI document M42–P [ISBN 1–56238–576–3]. Clinical and Laboratory Standards Institute, Pennsylvania 19087–1898 USA.

FLEMİNG, H.P. WALTER, W.M. ETCHELLS J.L. (1973). "Antimicrobial properties of oleuropein and products of its hydrolysis from green olives." Journal of Applied Microbiology, 26(5):777–782.

MİLLER, R A. WALKER, R.D. BAYA, A. CLEMENS, K. COLES, M. HAWKE, J.P. HENRİCSON, B.E. HSU, H.M. MATHERS, J.L. OAKS, J.L. PAPAPET-

ROPOULOU, M. REİMSCHUESSEL, R. (2003). "Antimicrobial susceptibility testing of aquatic bacteria: quality control disk diffusion ranges for *Escherichia coli* ATCC 25922 and *Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida* ATCC 33658 at 22 and 28°C." Journal of Clinical Microbiology, 41(9):4318-23.

ROTA, M.C. HERRERA, A. MARTÍNEZ, R.M. SOTOMAYOR, J.A. JORDÁN, M.J. (2008). "Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris, Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils." Food Control, 19(7): 681-687.

SUN, W. FROST, B. LİU, J. (2017). "Oleuropein, unexpected benefits," Oncotarget, 8(11): 17409-17409.

MİCOL, V. CATURLA, N. P´EREZ-FONS, L. M´AS, V. P´EREZ, L. ESTEPA, A. (2005). "The Olive Leaf Extract Exhibits Antiviral Activity Against Viral Haemorrhagic Septicaemia Rhabdovirus (VHSV)." Antiviral Research, 66(2-3): 129-136.

FRİEDMAN, M. HENİKA, P.R. LEVİN, C.E. (2013). "Bactericidal Activities of Health-Promoting, Food-Derived Powders Against the Foodborne Pathogens *Escherichia coli, Listeria monocytogenes, Salmonella enterica,* and *Staphylococcus aureus*." Journal of Food Science,78(2):M270-5.

OZDEMİR, Y. GUVEN, E. OZTURK, A. (2014). "Understanding the characteristics of oleuropein for table olive processing." Journal of Food Processing & Technology, 5(5): 1-6.

HATAY İLİ MERKEZ İLÇEDE SATILAN YUMURTALARIN KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Dr. Öğr. Üyesi Hakan YILDIRIM
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi

Helin Buket BİNGÜL
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi

ÖZET: Bu çalışma, Hatay İli Merkez İlçe'de satılan yemeklik yumurtaların kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Dört farklı satış yerinden, her seferde 3 farklı firmaya ait orta ağırlık sınıfından (M,≥53-63g) toplam 720 yumurta tesadüfi örnekleme yöntemiyle toplanmıştır. Yumurtalar, birer ay arayla, her alımda 20 yumurta olacak şekilde üç defada elde edilmiştir. Araştırma, iki faktörlü iç-içe sınıflandırılmış (4x3) deneme dizaynına uygun oluşturulmuştur. Yumurta dış kalite özelliklerinden yumurta ağırlığı, şekil indeksi, kabuk rengi, kabuk ağırlığı, kabuk kalınlığı, iç kalite özelliklerinden, ak indeksi, sarı indeksi, sarı ağırlığı, sarı rengi, kan-et lekeleri ve Haugh birimi özellikleri incelenmiştir. Yumurtaların %58.32'si kahverengi kabuk rengine, %41.68'i ise beyaz kabuk rengine sahiptir. En yüksek kan-et lekesi oranları, 3 ve 6. firmaların kahverengi kabuk rengine sahip yumurtalarındadır ve bu oranlar %49.54 ve %51.32'dir. 10 numaralı firmaya ait beyaz kabuk renkli yumurtalarda kan-et lekesi %10.18 olarak belirlenmiştir. Buna karşın 2, 4, 5 ve 12 numaralı beyaz kabuk renkli yumurta üreticisi firmaların ürünlerinde kan-et lekesi değerleri %0 olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak, bu araştırmada satışa sunulan A sınıfı orta ağırlık grubundaki yemeklik yumurtaların kalite özelliklerinin "Türk Gıda Kodeksi Yumurta Tebliği Yönetmeliği" ile karşılaştığında genel anlamda olumlu olduğu ifade edilebilir. Fakat kan-et lekesi bakımından yumurtaların kalite özelliklerinde yetersizlik belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yumurta, iç ve dış kalite özellikleri, Antakya

Not: Bu çalışma, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı'nda yapılan ve 21 Ağustos 2019 tarihinde tamamlanan 1158 nolu yüksek lisans tez çalışmasının makalesidir. Bu araştırmaya, 16682 numaralı proje ile maddi destek sağlayan Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Araştırma Fonu'na teşekkür ederim.

A Study on Determination of Quality Properties of Eggs Sold in Hatay Central District

ABSTRACT: This study was conducted to determine the quality characteristics of edible eggs sold in the central district of Hatay. A total of 720 eggs of medium weight class (M, ≥53-63g) belonging to 3 different companies were collected by random sampling method from four different outlets. The eggs were obtained in three times, one month apart, with 20 eggs per intake. The research was designed according to two factor nested (4x3) experimental design. Egg external quality characteristics; egg weight, shape index, shell color, shell weight, shell thickness and internal quality characteristics; white index, yolk index, yolk weight, yolk color, blood-meat stains and Haugh unit properties were examined. 58.32% of the eggs have brown shell color and 41.68% have white shell color. The highest rates of blood-meat spots are in the eggs of the 3rd and 6th companies with brown shell color, and these rates are 49.54% and 51.32%. Blood-meat stain was determined as 10.18% on white shell colored eggs of company number 10. On the other hand, the blood-meat stain values of the products of the white shell colored egg producer companies numbered 2, 4, 5 and 12 were determined as 0%. As a result, it can be stated that the quality characteristics of class A medium-weighted cooking eggs sold in this study are generally positive when compared with the "Turkish Food Codex Egg Communique Regulation". However, in terms of blood-meat stain, the quality of the eggs was found to be insufficient.

Key Words: Egg, internal and external quality characteristics, Antakya

Note: This study is the article of the master thesis study no 1158, which was conducted in Hatay Mustafa Kemal University Institute of Science, Department of Animal Science and completed on 21 August 2019. I would like to thank the Hatay Mustafa Kemal University Research Fund, which provided financial support for this research with project number 16682.

1.GİRİŞ

Yumurta, besin değerinin yüksekliği ve fiyatının uygunluğu nedeni ile insan beslenmesinde son derece önemli bir hayvansal gıda maddesidir. Normal bir yumurtanın ağırlığı 58-60 g arasındadır. İçerdiği besin değeri bakımından 90 g et ve 160 g süte denk gelmektedir. (Karakaya ve ark., 2014) Bir yumurtada ortalama 6 g protein bulunmaktadır. Bununla birlikte, yumurta proteininin esansiyel amino asitlerce zenginliği, biyolojik değerinin artmasında bir etken olup, bu değer 100 olarak kabul edilmektedir ve "örnek protein kaynağı" olarak gösterilmiştir (Çelebi ve Karaca, 2006).

Taşıdığı yüksek değerli besin maddeleri nedeni ile insan beslenmesinde özel bir yere sahip yumurtanın üretimden tüketime kadar iç ve dış kalite özelliklerinin korunması ve sunumu tüketiciler açısından önemli bir husustur. Görünüm açısından temiz, hasarsız, iyi oluşmuş ve dirençli kabuk, boyut, ağırlık, duyusal değerler olarak kokusu ve renk kriterlerine önem verilmektedir. Yumurtanın kabuk rengi tavuğun genotipine bağlıdır (Hartman ve Wilhelmson, 2001). Yumurta kabuğunun farklı renkte olması, besin değerini etkilemez. Yapılan araştırmalarda tüketicilerin genellikle kahverengi kabuklu yumurtaları tercih ettikleri gözlenmiştir. Tüketicilerin bir kısmına, neden kahverengi kabuklu yumurtayı satın aldıkları sorulmuştur. Verdikleri yanıtta, kabuk direncini yüksek bulmalarından dolayı seçtiklerini ifade etmişlerdir. Bazı tüketiciler de herhangi bir cevap verememişlerdir (Altan,1993).

Üreticiler, yumurta kalite özelliklerini etkileyen önemli bir faktördür (Turan, 2006). Avrupa Topluluğu yasaları (S.I. No. 254 sayı 1992 yılı); Konsey yasasını (EEC No 1907/90) ve Komisyon yasasını uygulayarak, tavuk yumurtalarını kalite ve ağırlığına göre sınıflandırmış, pazarlamada ise paketleme, etiketleme, taşıma ve satışa sunulmak üzere düzenlemiştir (Uruk, 2007). Yumurtaların kalitelerine göre sınıflandırılmasında ABD'de USDA tarafından belirlenmiş standartlar kullanılmaktadır. Tüketicinin korunması amacıyla yasalarla bu kalite sınıflarına uyumu kontrol edilmektedir (Dikmen ve Şahan, 2007). Günümüzde gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de ürün kalitesini belli standartlarda tutmak ve kaliteli ürün elde etmeye yönelik düzenlemeler bulunmaktadır. En son düzenleme, 20 Aralık 2014 tarih ve 29211 sayılı Resmi Gazete'de öngörülen "Türk Gıda Kodeksi Yumurta Tebliği"dir (Anonim, 2014). Türk Gıda Kodeksi Yumurta tebliğine göre, tavuklardan elde edilen kabuklu yumurtanın tekniğine uygun ve hijyen kurallarına göre toplanması, paketlenmesi, muhafazası, depolanması, taşınması ve pazarlanmasında dikkate alınacak özellikler belirlenmiştir.

Bu çalışmada, tüketicilerin bilinçlenmesine yardımcı olmak amacıyla Hatay İli Merkez İlçe'de satılan yumurtaların kalite özelliklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

2, MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Yumurta Materyali

Çalışmada kullanılan yumurta materyali Hatay İli Merkez İlçe 'de bulun 4 farklı marketten elde edilmiş olup, marketler arasında firma farklılığı dikkate alınarak 3'er farklı markaya ait yumurtalardan üç farklı zamanda tesadüfen örnekler alınmıştır.

Her marketten ve marketler arasında farklı markalar olmak üzere birer ay arayla üç defa orta ağırlık sınıfındaki (M, ≥53-63g) yumurtalardan her seferinde 20 adet olmak üzere toplamda 720 adet yumurta alınmıştır. Alım zamanları, firmaların markete yumurtaları ilk getirildikten güne göre isabet edilmiş ve İç-dış kalite ölçümleri Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Hayvan Besleme Laboratuvarı'na getirilip gerekli analizler yapılmıştır.

İlk tesadüfi örnek alımı 24.10.2017, ikinci alım 14.11.2017 ve üçüncü alım da 12.12.2017 tarihinde 4 ayrı satış merkezinden 3 farklı markaya ait 6'lı paketlerde üretici firmanın tüketiciye sunduğu orta ağırlık sınıfından (M, ≥53-63g) yumurtalar tesadüfen alınmıştır. Alınan yumurtalar aynı gün laboratuvara, getirilerek iç-dış kalite özellikleri ile ilgili ölçümler yapılmıştır.

2.2. Yöntem

Araştırma, iki faktörlü iç-içe sınıflandırılmış (4x3) deneme dizaynına uygun yapılandırılmıştır. Dört farklı marketin her birinden 3'er farklı markaya ait ürünler tespit edilip alınmıştır. Her markadan birer ay arayla üç kez örnek temin edilmiştir. Her alımda her markaya ait 20'şer orta ağırlık sınıfında yumurtalar (M, ≥53-63g) kalite özellikleri belirlenmek üzere aynı gün laboratuvara getirilmiştir.

2.3. Yumurta Kalite Özellikleri

2.3.1.Dış Kalite Özellikleri

Deneme süresince 0,01gr hassasiyetli teraziyle tek tek yumurta ağırlıkları tartılmıştır. Araştırmada, 0.001 hassasiyetli elektronik kumpas yardımıyla yumurta genişliği ve uzunluğu belirlenerek aşağıdaki formül yardımıyla şekil indeksi hesaplanmıştır.

Şekil İndeksi = (Yumurta Genişliği (mm) / Yumurta Uzunluğu (mm))x 100

Kabuk ağırlığı, hayvanın genetik yapısı ve çevresel etmenlerden etkilenen bir özelliktir. Tavuk yaşı, verim dönemi, tavuğun canlı ağırlığı, cinsel olgunluk yaşı verim yılı ve yumurta kabuk rengi gibi etmenlerden etkilendiği gibi; sıcaklık, aydınlatma süresi gibi fiziksel koşullardan da etkilenmektedir. Yumurta kabuk kalınlığını belirlemek için yumurtalar öncelikle 70 ^{0}C'de 24 saat kurutulmuş ve kabuk iç zarları temizlendikten sonra küt, sivri ve orta kısımlarından örnekler alınmıştır. Bu üç kısmın kalınlıkları kumpas yardımıyla ölçülerek ortalaması alınmış ve kabuk kalınlığı belirlenmiştir**.** Aynı zamanda kabuk ağırlıkları da 0,01gr hassasiyetli teraziyle tartılmıştır.

2.3.2. İç Kalite Özellikleri

Ak indeksi hesaplamadan önce elde edilen değerlerden katı ak genişliği ve yüksekliği dijital kumpas yardımıyla, ak yüksekliği ise üç ayaklı mikrometreyle ölçülmüştür. Ak indeksi,

"*Ak İndeksi = (Katı albumin yük. (mm) / Katı albümin uz.ve geniş. ort.(mm)) x100*" formülü yardımıyla hesaplanmıştır. Sarı indeksi ise yumurtaların kırıldıktan sonra, dijital kumpas yardımıyla sarı çapının, üç ayaklı mikrometre ile de sarı yüksekliğinin ölçülmesiyle "Sarı indeksi= (Sarı yüksekliği (mm)/ Sarı Çapı (mm)) x 100" formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Yumurta sarıları akından ayrılarak 0.01 hassasiyetli terazide tartılmış ve kaydedilmiştir. Sarı rengi belirlemede 15 dilimden oluşan Roche renk yelpazesi kullanılmıştır. Saptanan sarı rengi tonlarına ilişkin tespit edilen sonuçlar yüzde (%) oranlarla gösterilmiştir. Kan-et lekeleri, yumurtaların kırıldıktan sonra gözle muayene edilmesi sonucunda belirlenmiştir. Kan-et lekeli yumurtalar yüzde (%) olarak ifade edilmiştir. *Haugh birimi;* $HB = 100 \log (h + 7{,}57 - 1{,}7\, G^{0{,}37})$ formülü ile hesaplanmış olup, HB= Haugh Birimi, h = Katı ak yüksekliği (mm), G= Yumurta ağırlığı (g)'dır. Araştırma, 4x3 iki faktörlü iç-içe sınıflandırılmış deneme dizaynına uygun gerçekleştirilmiştir. Dört farklı satış noktasının her birinden üçer farklı firmaya ait ürünler üzerinde çalışılmıştır. Her firmadan birer ay arayla üç kez örnek alımı gerçekleştirilmiştir. Her seferde her firmaya ait 20 yumurta (M orta, $\geq$ 53 – <63 g) tesadüfen alınmış ve kalite özelliklerini belirlemek üzere aynı gün laboratuvara getirilerek veriler toplanmıştır. Denemenin matematik modeli; $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_{ij} + e_{ijk}$ olup, Y_{ijk} =i. Satış yeri j. firmanın k. yumurta özelliği, α_i = i. Satış yeri etkisi (i=1, 2, 3, 4), β_{ij} = i. Satış yeri j. firma etkisi (i=1, 2, 3..), e_{ijk} = Şansa bağlı hatadır. Veriler SPSS 21. İstatistik programı kullanılarak Varyans Analizi yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki fark Duncan Testi ile değerlendirilmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu araştırmada, Hatay İli Merkez İlçe'de bulunan marketlerde farklı firmalara ait satışı yapılan yemeklik yumurtaların kalite özellikleri ve "Yumurta Ürünleri Tebliği"ne uygunluk derecesi belirlenmeye çalışılmıştır.

3.1. Dış Kalite Özellikleri

3.1.1. Yumurta Ağırlığı

Çalışmada, 4 farklı marketten elde edilen yumurtaların tartımları sonucunda elde edilen ortalama değerler Talo 1.'de gösterilmiştir. Yumurta ağırlıkları arasındaki

rakamsal farkın, marketler arasında istatistiki olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (P>0.05). Bununla birlikte, market ortalamalarının, A sınıfı yumurtaların ağırlık sınıfına (M ≥53 – <63 g) dahil olduğu görülmektedir. Firmalar düzeyinde, yumurta ağırlıklarına ilişkin ortalamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli tespit edilmiştir (P<0.05). Marketlerde satılan yemeklik yumurtaların ağırlıklarının standart ölçülere uyum oranını A, B, C ve D satış merkezlerinde sırasıyla %85, %82, %90 ve %85 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 1.Orta (Medium) Ağırlık Sınıfındaki Yumurtaların Ağırlık Uyumu ve Market-Firma Değişimleri

Market	Firma	N	Tartılan yumurta ağ. ort. (g)	Pakette belirtilen yum. ağ. (g)	Market $X_{ort}±S_x$	Uyum oranı (%)
	1	60	57.12±1.62 b*	53 -63		
A	2	60	66.51±2.35 e	53-63	62.44±4.89	85
	3	60	63.68±4.19 cd	53-63		
	4	60	55.67±1.00 a	53-63		
B	5	60	57.52±1.09 b	53-63	61.32±7.56	82
	6	60	70.76±5.46 f	53-63		
	7	60	62.88±7.08 c	53-63		
C	8	60	57.67±1.12 b	53-63	62.01±5.35	90
	9	60	65.47±2.90 d	53-63		
	10	60	64.35±2.10 d	53-63		
D	11	60	57.82±1.09 b	53-63	62.96±3.99	85
	12	60	65.89±2.15 de	53-63		
Toplam		720				
Genel ortalama			62.18±5.51			
P			0.000		0.259	

* Her sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistik bakımdan farklılık vardır (P<0.05)

3.1.2. Şekil İndeksi

Tablo 2.'de, hesaplanan şekil indeks ortalamaları gösterilmektedir. Firmalar ve marketler bazında yumurtaların şekil indeksleri ortalamaları arasındaki farklılığın istatistiki bakımdan önemli olduğu tespit edilmiştir (P<0.05). Şekil indeksine ilişkin genel ortalama dikkate alındığında (76.67), yumurtaların olması gereken standart şekilden daha yuvarlak olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Orta (Medium) Sınıf Ağırlığa Sahip Yumurtalarda Şekil İndeksinin Market ve Firmalara Göre Değişimi

Market	N	Şekil indeksi	Firma	N	Şekil indeksi
			1	60	76.95±1.93 b*
A	180	75.16±3.34 a*	2	60	71.60±2.43 a
			3	60	76.94±2.33 b
			4	60	76.90±2.46 b
B	180	77.30±3.22 b	5	60	78.95±3.15 c
			6	60	76.06±3.73 b
			7	60	76.81±2.75 b
C	180	77.80±2.63 b	8	60	79.26±3.03 c
			9	60	77.32±1.68 bc
			10	60	76.81±2.75 b
D	180	76.44±2.39 ab	11	60	76.89±2.52 b
			12	60	75.63±2.08 b
Toplam					
Genel ortalama	720			720	76.68±3.03
P		0.000			0.000

* Her sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistik bakımdan farklılık vardır (P<0.05)

3.1.3. Kabuk Rengi

Hatay İli Merkez İlçe 'de 4 farklı satış merkezinden elde edilen 12 ayrı firmaya ait yemeklik yumurtaların %58.32'si kahverengi, 41.68'i ise beyaz kabuk rengi özel-

liği taşımaktadır (Tablo 3).Birçok araştırıcı, yaptıkları çalışmalarda yumurta alımında kabuk renginin tüketiciler açısından önemli olduğu ya da olmadığına ilişkin sonuçlar elde etmişlerdir (Altan 1993; Demirulus ve ark, 1996; Uluocak ve ark, 1998) Bu sonuçlar bize tüketicilerin sosyal, kültürel ve ekonomik açıdan farklılıklarının tercihlerinde etkili olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte zaman içinde benzer etkilerden dolayı tercihlerin değişebildiği bir gerçektir.

Tablo 3. Orta (Medium) Sınıf Ağırlığa Sahip Yumurtaların Kabuk Rengi Oranları (%)

Market	Firma	N	Yumurta kabuk rengi	Firmalara göre kabuk rengi oranları (%)	Yumurta kabuk rengi genel oranları (%)
	1	60	Kahverengi		
A	2	60	Beyaz	16.66 K[a]	
	3	60	Kahverengi	8.33 B[b]	58.32 K
	4	60	Beyaz		
B	5	60	Beyaz	16.66 B	
	6	60	Kahverengi	8.33 K	
	7	60	Kahverengi		
C	8	60	Kahverengi	25	
	9	60	Kahverengi		41.68 B
	10	60	Beyaz		
D	11	60	Kahverengi	16.66 B	
	12	60	Beyaz	8.33 K	
Toplam		720		100	100

[a] ; Kahverengi kabuk rengi, [b] ; beyaz kabuk rengi

3.1.4. Kabuk Ağırlığı

Kabuk ağırlığına dair bulgular Tablo.4.'de gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre firmalar bazında yumurta kabuk ağırlığı ortalama 6.02 g olarak tespit edil-

miştir. Bununla birlikte kabuk oranı da %9.71 saptanmıştır. Yumurta kabuk ağırlıkları ve tüm yumurtaya oranlarının firmalar arası farklılıkları, yapılan istatistik analiz sonucunda önemli tespit edilmiştir (P<0.05).

Tablo 4. Orta (Medium) Sınıf Ağırlığa Sahip Yumurtalarda Kabuk Ağırlığının Market ve Firmalara Göre Değişimi

Market	N	Yumurta kabuk ağ. (g)	Firma	N	Yumurta kabuk ağırlığı (g)	Yumurta kabuk oranı (%)
			1	60	5.38±0.59 a*	9.41±0.87 ab*
A	180	5.87±0.67 a*	2	60	6.36±0.40 b	9.56±0.62 ab
			3	60	5.87±0.65 ab	9.21±0.62 ab
			4	60	5.96±0.43 ab	10.70±0.72 c
B	180	6.15±091 ab	5	60	5.25±0.20 a	9.13±0.28 ab
			6	60	7.25±0.34c	10.28±0.56 b
			7	60	5.51±0.58 a	8.82±1.05 a
C	180	5.84±0.65 a	8	60	5.83±0.81 ab	10.11±1.38 b
			9	60	6.18±0.44 ab	9.44±0.53 ab
			10	60	6.10±0.38 ab	9.47±0.45 ab
D	180	6.25±0.72 b	11	60	5.66±0.62 a	9.80±1.10 ab
			12	60	7.00±0.39 c	10.63±0.69 bc
Toplam Genel ortalama	720			720	6.03±0.75	9.71±0.93
P		0.000			0.000	0.000

* Her sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistik bakımdan farklılık vardır (P<0.05)

3.1.5. Kabuk Kalınlığı

Kabuk kalınlığına ilişkin sonuçlar Tablo 5.'de belirtildiği gibidir. Tablo incelendiğinde firmalar arası ortalama değerler arasında istatistiki olarak farklılığın olduğu görülmektedir (P<0.05). Yumurta kabuk kalınlığı, hayvanın yaşının ilerleme-

siyle birlikte incelmektedir. Bunun nedeni, hayvan yaşının ilerlemesiyle yumurta büyüklüğünün artması ve kabuk oranının aynı oranda pozitif olarak değişmemesidir (Erensayın, 2000).

Tablo.5. Orta (Medium) Sınıf Ağırlığa Sahip Yumurtalarda Kabuk Kalınlığının Market ve Firmalara Göre Değişimi

Market	**N**	**Yumurta kabuk kalınlığı (mm)**	**Firma**	**N**	**Yumurta kabuk kalınlığı (mm)**
A	180	0.36±0.032 ab*	1	60	0.33±0.037 a*
			2	60	0.38±0.022 c
			3	60	0.35±0.018 ab
B	180	0.37±0.025 b	4	60	0.37±0.023 bc
			5	60	0.35±0.011 ab
			6	60	0.39±0.021 d
C	180	0.35±0.036 a	7	60	0.34±0.045 a
			8	60	0.36±0.040 b
			9	60	0.36±0.019 b
D	180	0.40±0.032 c	10	60	0.39±0.015 c
			11	60	0.38±0.036 c
			12	60	0.43±0.024 d
Toplam	720			720	
Genel ortalama					0.37±0.03
P		0.000			0.000

* Her sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistik bakımdan farklılık vardır (P<0.05)

3.2. İç Kalite Özellikleri

3.2.1. Ak İndeksi

Çalışmada kırımı yapılarak incelenen ve ak indeks değerleri hesaplanan toplam 720 yumurtaya ait ortalama bulgular Tablo 6.'da verilmiştir.

Tablo 6. Orta (Medium) Sınıf Ağırlığa Sahip Yumurtalarda Ak İndeksinin Market ve Firmalara Göre Değişimi

Market	N	Ak indeksi	Firma	N	Ak indeksi
			1	60	5.69±1.96 bc*
A	180	5.14±1.46 b*	2	60	4.54±0.56 ab
			3	60	5.20±1.52 b
			4	60	4.85±1.20 b
B	180	4.15±1.33 a	5	60	4.17±1.40 a
			6	60	3.42±1.18 a
			7	60	6.38±1.16 c
C	180	4.53±1.58 ab	8	60	3.47±0.61 a
			9	60	3.75±0.80 a
			10	60	5.19±0.92 b
D	180	4.45±0.92 ab	11	60	3.75±0.38 a
			12	60	4.40±0.79 ab
Toplam					
Genel orta-lama	720			720	4.57±1.37
P		0.000			0.000

*Her sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistik bakımdan farklılık vardır (P<0.05)

Genel ortalamaya bakıldığında 4.56 olarak bulunan ak indeks değerinin, A sınıfı yumurtalarda olması gereken sınır değerleri (3.7-6.8) içinde olduğu saptanmıştır. Firmalar düzeyinde ak indeks değerlerinin standartlara uygun olduğu görülmekle birlikte, ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur (P<0.05).

Ak indeks değeri bakımından, marketlerde satılan yumurtaların standartlara uygun olduğu ve tüketime uygunluğu ifade edilebilir.

3.2.2. Sarı İndeksi

Araştırmada elde edilen sarı indeks değerine ait bulgular Tablo 7.'de gösterilmiştir. Market ve firmalar düzeyinde yapılan istatistik analiz sonucunda ortalamalar arasındaki farklılıkların istatistik olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (P<0.05).

Tablo 7. Orta (Medium) Sınıf Ağırlığa Sahip Yumurtalarda Sarı İndeksinin Market ve Firmalara Göre Değişimi

Market	N	Sarı indeksi	Firma	N	Sarı indeksi
			1	60	44.64±2.37 a*
A	180	48.22±4.15 ab*	2	60	47.75±1.69 b
			3	60	52.26±3.84 d
			4	60	49.80±2.73 c
B	180	47.23±3.11 a	5	60	44.22±2.07 a
			6	60	47.67±1.49 b
			7	60	51.80±2.44 d
C	180	49.24±3.20 b	8	60	47.01±3.52 b
			9	60	48.92±1.57 bc
			10	60	51.80±2.44 d
D	180	48.92±2.99 ab	11	60	48.30±1.71 bc
			12	60	46.65±2.24 ab
Toplam					
Genel ortalama	720			720	48.40±3.41
P		0.000			0.000

* Her sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistik bakımdan farklılık vardır (P<0.05)

Satış merkezleri ve firmaların sarı indeks değerleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi sonucu elde edilen ortalamalar incelendiğinde, Türk gıda kodeksi yönetmeliğinde belirtilen A sınıfı yumurtaların normal sınırların (44-46) üzerinde bulguların elde edildiği görülmektedir.

Tüketime sunulan yumurtaların 46 indeks değerinin üzerinde olması istendiğinden, araştırma bulgularının, sarı indeks değeri açısından tüketime uygun bir özellik gösterdiği tespit edilmiştir.

Yumurta muhafaza şartlarının, yumurtaların tazeliğinin korunmasında en başta gelen bir faktör olduğu bildirilmektedir (Avan ve Alişarlı, 2001). Çalışmada kullanılan yumurtaların kaliteli bir taşıma ile iyi muhafaza şartlarında marketlere ulaştırıldığı elde edilen bu olumlu sonuçla kanıtlanmaktadır.

Türk Gıda Kodeksi Yumurta Tebliğinin 13. maddesinin c fıkrasında; "*Yumurtlama tarihinden sonraki 18 inci güne kadar yumurtanın soğutulması zorunlu değildir. Ancak 18 inci günden itibaren (+8)-(+5) °C arasında muhafaza edilmelidir*." İbaresi yer almaktadır (Anonim, 2014). Buna göre, sarı indeksinin normal sınırların da üzerinde tespit edilmesi, firmaların bu maddeye uygun hareket ettiği ile ilişkilendirilebilir.

3.2.3. Sarı Ağırlığı

Araştırmada tespit edilen sarı ağırlıkları ve sarı ağırlıklarının tüm yumurtaya oranları Tablo 8.'de görülmektedir. Çalışmada sarı ağırlığı genel ortalaması 16.88 g olarak belirlenmiş olup, bu değer tüm yumurtaya oranla ortalama %28.93 olarak saptanmıştır. Bunun anlamı, yumurta sarısının ağırlık ve oranı, standart değerlerin altında bulunmuştur.

Market ve firmalar düzeyinde yapılan istatistik analiz sonucunda sarı ağırlığı ve sarı oranları ortalamaları arası farklılıklar kendi içinde istatistiki olarak önemli tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Bununla birlikte, firmaların tümünde tespit edilen sarı ağırlıklarının oran ortalamaları %32'nin altında tespit edilmiştir. Bu rakamsal düşüklüğün nedenini daha genç hayvanların yumurta verim döneminde olduğu ile açıklayabiliriz. Bununla birlikte, muhafaza şartlarının da sarı ağırlığında etkili olduğu bilinmektedir.

Tablo 8. Orta (Medium) Sınıf Ağırlığa Sahip Yumurtalarda Sarı Ağırlığının Market ve Firmalara Göre Değişimi

Market	N	Sarı ağırlığı (g)	Firma	N	Yumurta sarı ağırlığı (g)	Yumurta sarı oranı (%)
			1	60	15.86±0.89 a*	27.78±1.62 b*
A	180	16.95±1.81 a*	2	60	18.31±1.48 b	27.54±2.14 b
			3	60	16.67±2.12 ab	26.27±3.66 ab
			4	60	14.01±0.53 a	25.18±1.10 a
B	180	16.20±2.08 a	5	60	17.54±0.58 b	30.50±1.17 c
			6	60	17.06±.2.33 ab	24.08±2.17 a
			7	60	15.17±1.92 a	24.24±2.89 a
C	180	16.22±1.80 a	8	60	15.66±1.03 a	27.13±1.45 b
			9	60	17.83±1.20 b	27.26±1.86 b
			10	60	18.91±1.69 b	29.38±2.53 bc
D	180	18.15±1.89 b	11	60	16.47±1.43 ab	28.48±2.55 b
			12	60	19.07±1.46 c	28.94±1.97b
Toplam Genel ortalama	720			720	16.88±2.02	28.93±2.25
P		0.000			0.000	0.000

* Her sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistik bakımdan farklılık vardır (P<0.05)

3.2.4. Sarı Rengi

Renk tonunun belirlenmesinde Roche renk yelpazesi kullanılmış olup gözlenerek yapılan değerlendirme soncunda sarı rengine ait tonlar belirlenmiştir. Veriler Tablo 9.'da gösterilmiştir.

Çalışmada yumurtaların kırımı yapılarak yumurta sarılarının renk tonlarının belirlenmesi sonunda 6-14. numaralar arası değerler elde edilmiştir. Saptanan renk numaraları içinde en yüksek renk tonu değerleri %23.6, %13.9, %19.4 ve %23.6 oranla sırasıyla 10, 11, 12 ve 13 numaralı renkler oluşturmuştur. Bu sonuçlar ile tüketicilerin, yumurta sarısı renk tonu tercihlerinin daha çok koyu olanlardan yana olduğunu göstermektedir.

Tablo 9. Orta (Medium) Sınıf Ağırlığa Sahip Yumurtalar Belirlenen Sarı Renk Tonunun Roche Renk Yelpazesine Göre Dağılımı

Belirlenen Roche-renk değeri	N	Tespit edilen oran (%)
6	22	2,8
7	8	1,4
8	34	4,2
9	46	6,9
10	168	23,6
11	102	13,9
12	141	19,4
13	168	23,6
14	31	4,2
Toplam	720	100,0

3.2.5. Kan-et Lekesi

Kahverengi kabuk rengine sahip yumurtaların kırımı sonucunda gözlenen kan-et lekesi oranları, beyaz kabuk rengine sahip yumurtalardan daha fazla olduğu tespit edilmiş olup bunun beklenen bir durum olduğu bilinmektedir. Kan-et lekesine ait bulguları Tablo 10.'da verilmiştir.

Tavuk yaşı ilerledikçe, yumurta sarısı ve akında görülen kan-et lekesi oranları yükselmektedir. Aşağıdaki Tablo 10'a göre en yüksek kan-et lekesi oranları 3 ve 6. firmaların kahverengi kabuk rengine sahip yumurtalarında tespit edilen %49.54 ve %51.32 değerleridir. Bu firmalarda satılan yumurtaların daha yaşlı hayvanlar oldukları öngörülebilir. Bu sonuçlar, Türk Gıda Kodeksi Yumurta Tebliği'nin 5. Maddesinde belirtilen ve ilgili tebliğin ek-1'nde belirtilen;

"3)Yumurta akı; berrak, saydam ve jel kıvamında olmalı, yabancı madde içermemelidir.

4)Yumurta sarısı; ışık muayenesinde merkezde yuvarlak gölge şeklinde görülmeli, yumurtanın döndürülerek hareket ettirilmesinde merkezden belirgin şekilde ayrılmamalı ve yabancı madde içermemelidir.

5)Yumurta içeriğinde gözle görülebilir embriyo bulunmamalıdır." Maddelerine uymamaktadır (Anonim, 2014).

Bununla birlikte beyaz renkli kabuğa sahip yumurta üreten 10 numaralı firmaya ait kan-et lekesi bulgusu da %10.18 olarak saptanmıştır. Kabuk rengi beyaz yumurta satan diğer firmalara (2, 4, 5, 12 numaralı firmalar) ait kan-et lekesi değerleri %0 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 10. Orta (Medium) Sınıf Ağırlığa Sahip Yumurtalarda Kan-Et Lekesinin Firmalara Göre Oranları

Market	Firma	N	Kabuk rengi	Kan-et lekesi oranları (%)
	1	60	Kahverengi	31.65
A	2	60	Beyaz	0.00
	3	60	Kahverengi	49.54
	4	60	Beyaz	0.00
B	5	60	Beyaz	0.00
	6	60	Kahverengi	51.32
	7	60	Kahverengi	24.95
C	8	60	Kahverengi	21.34
	9	60	Kahverengi	29.47
	10	60	Beyaz	10.18
D	11	60	Kahverengi	30.47
	12	60	Beyaz	0.00
Toplam				
Genel ortalama		720		31.11

3.2.6. Haugh Birimi

Haugh birimi ortalama değerlerine ilişkin sonuçlar Tablo 11.'de görüldüğü gibidir. Satış merkezleri ve üretici firmalar düzeyinde yapılan istatistik analizler sonucunda, Haugh birimi ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli saptanmıştır (P<0.05). Tablo 11'e göre, 7. ve 10. firmalar dışında kalan tüm üretim firmaları, Haugh birimi standartları (A sınıfı yumurtalar için 55-78) içinde değerler göstermiştir. Satış merkezleri düzeyinde Haugh birimi değerleri istatistiki olarak önemli çıksa da (P<0.05), rakamsal olarak birbirine yakın değerler elde edilmiştir. Genel ortalama itibariyle de Haugh birimi değeri 71.49 ile standart değer sınırları içinde yer almıştır. Sonuç olarak iki firma haricinde (7. ve 10. firmalar) diğer üretici firmaların Haugh birimi kriteri bakımından standart değerlerde yumurta ürettikleri ve tüketime sundukları belirlenmiştir.

Tablo 11. Orta (Medium) Sınıf Ağırlığa Sahip Yumurtalarda Haugh Birimi Değerlerinin Market ve Firmalara Göre Değişimi ve Standart Değerlerle Uyum Oranı

Market	N	Haugh birimi	Firma	N	Haugh birimi
			1	60	66.84±11.97 c*
A	180	73.07±12.45 bc*	2	60	73.88±7.26 d
			3	60	78.47±15.78 e
			4	60	76.18±14.44 e
B	180	65.70±15.21 a	5	60	64.68±15.46 bc
			6	60	56.24±9.97 a
			7	60	92.32±12.65 g
C	180	72.78±17.10 b	8	60	62.42±7.24 b
			9	60	63.61±9.67 b
			10	60	85.11±11.83 f
D	180	74.42±12.10 c	11	60	65.55±5.94 bc
			12	60	72.59±9.36 d
Toplam	720			720	
Genel ortalama					71.49±14.47
P		0.000			0.000

* Her sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistik bakımdan farklılık vardır (P<0.05)

3.2.7. Yumurta Tebliğine Uygunluk

Türk Gıda Kodeksi Yumurta Tebliği, 23.01.2008 tarih ve 26765 sayılı resmi gazetede yayımlandıktan sonra 20.12.2014 tarih ve 29211 sayılı resmi gazetede tekrar güncellenerek, 24 Kasım 2017 tarih 30250 sayılı resmi gazetede de bazı maddelerde değişiklik yapılmış ve günümüzdeki son haliyle yürürlüğe girmiştir.

Yapılan bu araştırmada, A sınıfı orta ağırlıktaki (53-65 g) yemeklik yumurtaların standartlara uygunluğu tespit edilmeye çalışılmış ve 20.12.2014 tarih ve 29211 sayılı resmi gazetede yayımlanan tebliğin 12. maddesinde belirtilen kriterlere uygunluğu yorumlanmıştır.

Söz konusu maddede; *"A sınıfı yumurtada işletme ve kümes numarası ile yumurtlama tarihi kolayca görülebilir, okunaklı ve en az 2 mm yükseklikte olacak şekilde yumurta kabuğu üzerine damgalanır. İşletme numarası damgalanırken, il trafik kodu ve işletmeye özgü kod arasında bulunan ve bilgisayar destekli veri tabanında işletme numarasını 14 haneye tamamlamak için kullanılan sıfırlar damgalanmayabilir. Yumurtlama tarihi gün, ay, yıl olarak (Örnek: YT:1/1/2015veya YT:1/1/15) damgalanır."* İfadesi yer almaktadır. Buna göre, çalışmada kullanılan yumurtaların bu kriterlere uygun şekilde düzenlendiği tespit edilmiştir. Yumurtalar üzerinde İşletme numarası, İl trafik kodu ve işletmeye ait kod bulunduğu saptanmıştır.

Bununla birlikte araştırmada kullanılan yumurtaların bir kısmında gözle görülür şekilde kabukta kirlilik tespit edilirken, bazı yumurtada kırık–çatlak gözlenmiştir. Yumurtalar üzerinde gözle görünür kirliliğin olması ya da görülemeyen hastalık yapıcı unsurların oluşu, istenmeyen bir durumdur. Tavuk dışkısı ve kırık çatlak yumurtalardan sızan yumurta kalıntıları, insan sağlığını tehlikeye sokacak bakterilerin üremesi ve taşınmasında uygun ortam hazırlamaktadır. Bu nedenle temiz ve kabuk yapısı sağlam yumurtaların tüketime sunulması gerekmektedir. Üreticilerin, yumurta toplama sırasında ve yetiştiricilik kuralları çerçevesinde önceden alacakları önlemlerle bu sorunların önüne geçilmesi mümkündür. Bunlara ek olarak, gelişmiş otomasyon imkânları, yumurtanın toplanmasından tüketiciye sunulmasına kadar geçen süreçte kaliteli ürün eldesi için olumlu etkiye sahiptir. Elbette bu durum, işletme açısından ayrı bir finansal kaynak ihtiyacını da beraberinde getirecektir.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Dört farklı satış merkezinden ve her birinden 3 adet olmak üzere toplamda 12 farklı firmadan 3 farklı dönemde toplanan A sınıfı ve orta ağırlık kategorisine ait 720 yumurta üzerinde yürütülen bu çalışmanın sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

1-Yumurta ağırlık ortalamaları bakımından marketler arasında görülen farklılık istatistik olarak önemsiz (P>0.05) bulunmakla birlikte firmaların kendi içinde göstermiş oldukları değerler önemli tespit edilmiştir (P<0.05). Bununla birlikte satışa sunulan yumurtaların standart ağırlıklarla olan uyumları A, B, C ve D satış merkezlerinde %85, %82, %90 ve %85 orana sahip bulunmuştur. Bunun anlamı, tüketicilerin, standartlara uygun ağırlığa sahip yumurta alımında marketlerden çok firmaları dikkate almaları gerektiğidir. Firmalar, ürettikleri yumurtaları standartlarda belirtilen ağırlık sınıflarına ayırmak ve paketlemek zorundadırlar.

2-Şekil indeksine ait bulgular incelendiğinde, firmalar düzeyinde, ortalamalar arasında görülen farklılıkların istatistiki bakımdan önemli olduğu (P<0.05), genel ortalamanın 76.68 olarak tespit edildiği ve bunun da anlamının, standart şekil indeksi değerinin (74) üzerinde olmasından dolayı, yumurtaların genel olarak yuvarlak bir yapıya sahip olduğudur. Firmalar içinde sadece 2 numaralı firmaya ait yumurtaların şekil indeksi ortalaması 74'den daha düşük değerde, (71.60) tespit edilmiştir. Şekil indeksi genotipe bağlı bir özelliktir ve standart değere yakın nitelikteki yumurtalar viyollerde daha az kırılma riski taşırlar.

3-Kabuk rengi özelliğine ilişkin bulgular incelendiğinde 12 farklı firmadan 7'sinde (1, 3, 6, 7, 8, 9, 11 numaralı firmalar) kahverengi kabuk renginde sahip yumurtalar üretilmektedir. Kahverengi renge sahip yumurta oranı ortalaması %58.32'dir. Bu sonuç, tüketici tercihlerinin söz konusu renk lehine olduğunu göstermektedir. Marketler düzeyinde incelendiğinde, sadece kahverengi kabuk rengine sahip yumurta pazarlayan satış merkezi olmasına karşın (C), sadece beyaz kabuk rengine sahip yumurta satan satış merkezi bulunmamaktadır.

4-Çalışmada, satış merkezleri ve firmalar düzeyinde kabuk ağırlıkları ortalamaları arasındaki farklılıkların yapılan varyans analizi sonucunda önemli olduğu tespit edilmiştir (P<0.05). Bununla birlikte kabuk ağırlığı genel ortalaması 6.03 g ve oranı %9.71 olarak saptanmıştır. Genellikle kabuk ağırlığı tüm yumurtanın %11'ini oluşturduğundan bu değerler normal sınırın altında kalmıştır. Firmalardan alınan örneklerin incelenmesi sonucunda, hiçbir firma düzeyinde kabuk ağırlığının rakamsal olarak tüm yumurtaya oran değeri %11'e ulaşmamıştır. Kabuk ağırlığı ve kalitesi genotipe bağlı olduğu kadar bakım besleme şartlarından da etkilenen bir özelliktir. Genel olarak kahverengi kabuk rengine sahip yumurtaların kabuk ağırlıkları, beyaz kabuk rengine sahip yumurtalarınkinden daha fazladır. Yumurtlama dönemindeki tavukların karma yemlerinde mermer tozu bulundurulması, kabuk kalitesinde iyileştirici etkide bulunacaktır. Bununla birlikte sıcak çevre şartlarında hayvanın vücut ısı-

sını normalde tutma çabasından dolayı solunumunu arttırarak daha fazla karbondioksit atımında bulunması da, iklimlendirme ve beslemeye ilişkin önlemlerin alınmaması durumunda kabuk kalitesini düşürecektir. Sıcak havalarda kümes içinin serinletilmesi ve tavuklara Vitamin C verilmesi sıcaklık stresini azalttığından kabuk kalitesinin düşmesini dolaylı olarak engellemektedir.

5-Kabuk kalınlığına ilişkin veriler incelendiğinde, genel ortalamanın 0.37 mm olarak hesaplandığı sonucuna varılmıştır. Kabuk kalınlığında istenen genel rakamın 0.33-0.35 mm aralığında olması gerektiği bilindiğine göre, bu sonuç, kabuk kalitesi açısından tatmin edici bir görüntü çizmektedir.

6-Araştırmada, yumurta iç kalite özelliklerinden ak indeksi genel ortalaması firmalar düzeyinde normal sınırlar (3.8 - 6.7) içinde 4.57 olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte firmalarda ortalamalar arası farklılıkların istatistik olarak önemli olduğu sonucuna varılmıştır ($P<0.05$). Ak indeksi değerinin normal sınırlar dâhilinde bulunması, firmaların muhafaza şartlarının iyiliği ve markete ulaşana kadar yumurtaların bu özellik bakımından uygun koşullarda taşınmış olmasıyla açıklanabilir. Bununla birlikte, satış merkezlerin muhafaza şartlarının uygunluğu da bu kalitenin korunmasında etkili olmuştur.

7-Firmalar düzeyinde, sarı indeks ortalama değerleri arasında gözlenen farkların istatistik olarak önemli olduğu tespit edilmiş ($P<0.05$) ve en yüksek değerin 52.26 rakamsal ifade ile 3 numaralı firmaya ait olduğu saptanmıştır. Diğer tüm firmalara ait sarı indeks değerleri, normal sınırlar olarak kabul edilen 40-44 rakamsal değerin üzerinde bulunmuştur. Bu da bize, satış merkezlerinde tüketime sunulan yumurtaların sarı indeks değerlerinin yeterli özelliği taşıdığını göstermektedir. Diğer taraftan, ak indeks değerinde olduğu gibi sarı indeks değeri bakımından da kalitenin normal sınırlarda olması, muhafaza ve taşıma kurallarına uyulduğunun bir ispatı niteliğindedir.

8-Bir yumurtada standart yumurta sarısı oranı tüm yumurtaya oranla ortalama %32 düzeyindedir. Elde edilen bulgularda genel ortalamanın firmalar düzeyinde %28.93 olarak hesaplandığı görülmektedir. Satış merkezleri ve firmalar düzeyinde yapılan istatistik analiz sonucunda, sarı ağırlığı ve oranlarına ilişkin ortalamalar arası farklılıklar istatistik olarak önemli tespit edilmiştir ($P<0.05$).

9-Yumurta sarı renginin firmalar bazında incelenmesi sonucu bu özelliğin sabit bir nitelikte olmadığı saptanmıştır. Yumurta sarılarının "Roche renk yelpazesi"nin alt ve üst sınırlar dahil olmak üzere 6-14 arasında değişen renk tonlarında olduğu saptanmış ve en fazla renk değerinin %23.6, %13.9, %19.4 ve %23.6 oranlarıyla sırasıyla 10, 11, 12 ve 13. numaralı renk tonlarında olduğu gözlenmiştir. Koyu olarak

nitelendirilebilecek bu sarı renk tonları, tüketiciler tarafından daha çok tercih edilmektedir.

10-Yapılan çalışmada, kan-et lekesine en fazla kahverengi kabuğa sahip yumurtalarda rastlanmıştır. Yüzde (%) oranı en fazla 1, 3, 6, 7, 8, 9 ve 11 nolu firmalarda sırasıyla %31.65, %49.54, %51.32, %24.95, %21.34, %29.47 ve % 30.47 olarak tespit edilmiştir. Genel ortalama olarak tüm firmalarda kan-et lekesi oranı % 31.11 olarak gerçekleşmiştir. Beyaz kabuk rengine sahip yumurtaları üreten firmalardan sadece 10 numaralı firmada kan-et lekesi oranı %10.18 olarak bulunmuş olup diğer beyaz kabuk rengine sahip yumurta üretimi yapan firmalar (2, 4, 5, 12 numaralı firmalar) bazında yapılan değerlendirmede kan-et lekesine rastlanmamıştır. Standartlara göre yumurtada kan-et lekesine rastlanmaması gerekmektedir. Bu özellik bakımından satışa sunulan kahverengi kabuklu yumurta üreten firmaların ürünleri ile beyaz kabuklu yumurta üreten 10 numaralı firma ürünleri tüketime uygunluk göstermemektedir.

11-Haugh birimi yumurta ağırlığı ve ak indeksi dikkate alınarak hesaplanan bir sabite olup yumurta tazeliğini ifade eden bir özellik taşımaktadır. Standart değerler 55-78 rakamsal ifadeler arasında olan değerlerdir. Buna göre üretici firmaların Haugh birimi genel ortalaması 71.49 olarak tespit edilmiş olup, standart değerler dahilinde bir sonuç elde edilmiştir. Bu özellik bakımından satışa sunulan yumurtalarda belirli bir kalite sunulmuştur. Yapılan istatistik analiz sonucunda marketler ve firmalar düzeyinde ortalamalar arası farklılıklar önemli tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Gerçekleştirilen bu araştırmada satışa sunulan A sınıfı orta ağırlık grubundaki yemeklik yumurtaların kalite özelliklerinin "Türk Gıda Kodeksi Yumurta Tebliği Yönetmeliği" ile karşılaştığında genel anlamda olumlu olduğu ifade edilebilir. Fakat kan-et lekesi bakımından yumurtaların kalite özelliklerinde yetersizlik belirlenmiştir.

Yumurta iç ve dış kalite özelliklerinin tamamında, mükemmele yakın ürün elde etme ile ilgili olarak üretici firmaların üslendiği sorumluluk en ön plandadır.

Yumurtaların üretimin her aşamasında olduğu gibi, toplanması, depolanması, muhafazası ve taşınmasında olması gereken kurallara uyulmalıdır.

Satış merkezleri, yumurtaların tazeliklerini koruyacak biçimde muhafaza koşuları oluşturarak satış işlemini gerçekleştirmelidir.

Tüketiciler, konuya ilişkin bilgilendirilmeli ve bilinçlenmelerini sağlayıcı çalışmalar çok yönlü olarak ve belli zaman aralıklarında yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

ANONİM, 2014. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/12/20141220-5.htm Tarih: 19.12.2019 Saat: 21.40

ALTAN, Ö., 1993. Yumurtada kalite kavramı, kalitenin sektör ve tüketiciler açısından değerlendirilmesi. EÜ Ziraat Fakültesi Seminer çalışması, S:30, İzmir.

AVAN, T., ALİŞARLI, M., 2001. Muhafaza Şartlarının Yumurtanın Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Kalitesi Üzerine Etkisi. YYÜ. Vet. Fak. Dergisi, 13(2): 98-107.

ÇELEBİ, Ş., VE KARACA, H., 2006. Yumurtanın besin değeri, kolesterol içeriği ve yumurtayı n-3 yağ asitleri bakımından zenginleştirmeye yönelik çalışmalar. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 37:(2),257-26.

DEMİRULUS, H., AYDIN, A., ALTAN, Ö., KARA, K., 1996. Yumurta üretim ve tüketiminin artması açısından halkın değişik kesimlerinde tüketim alışkanlığının belirlenmesi ve irdelenmesi. Hayvancılık 96 Ulusal Kongresi, 18-20 Eylül, İzmir.

DİKMEN, B.Y., ŞAHAN, Ü. 2007. Avrupa Birliği'ne uyum açısından yumurta ve ürünlerinde kalite kriterleri. Avrupa birliği kriterlerine uyum sürecinde Türkiye Tavukçuluğu Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 15 Kasım, S:183-191.

ERENSAYIN, C., 2000. Yumurta Kalitesi. Tavukçuluk, C: 3, S. 255-374. Ankara.

HARTMAN, C. AND WILHELMSON, M., 2001. The Hens Egg Yolk A Source of Biologically Active Substances. World Poult. Sci., J., 57: 13-28.

KARAKAYA, E., İNCİ, H., SÖĞÜT, B., ŞENGÜL, T., 2014. Bingöl il merkezinde yaşayan hane halkının yumurta tüketim durumu üzerine bir araştırma, Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 1(2):239-247

TURAN, B. 2006. Yumurta tavukçuluğunda farklı üretim sistemlerinin yumurta kalitesi üzerine etkileri. 19 Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, Samsun.

ULUOCAK, A.N., KARAMAN, M., ÖZUĞUR, A.K., 1998. Kahramanmaraş'ta Yumurta Tüketimi Eğilimi Tüketici İstemleri ve Etkileyen Etmenler. 2. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, S:497-503 Bursa..

URUK, A. E. 2007. Tavuk yetiştiriciliğinde AB standartları ve yeni teknikler. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Seminer Konusu,19s , Adana.

LED IŞIK KAYNAKLARININ ETLİK PİLİÇLERİN DAVRANIŞ ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi İhsan Bülent HELVA
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa AKŞİT
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi

ÖZET:

Davranışlar kanatlılarda refah düzeyinin ve verim özelliklerinin değerlendirilmesinde kullanılan önemli parametreler arasında yer almaktadır. Optimum çevre koşulları etlik piliçlerin verim ve refah düzeyinin iyileştirilmesinde olumlu etkilere sahiptir. Işık piliçlerde büyümeyi etkileyen önemli bir çevre faktördür. Bugüne kadar kümesleri aydınlatılmak için farklı ışık kaynaklarından yararlanılmıştır. Son zamanlarda kümeslerin aydınlatılmasında, tek renkli ışık üretebilen LED ampullerin kullanımı yaygın hale gelmiştir. LED ampuller enerji tasarrufu ve karbon emisyonu açısından sağladıkları avantajlarla birlikte belirli dalga boylarındaki ışığı üretebilmektedirler. Kanatlı hayvanlar farklı göz yapıları sayesinde insana göre ışık spektrumunda daha geniş bir görüş alanına sahiptir. Birçok araştırmada etlik piliç yetiştiriciliğinde LED ampullerin ürettiği kısa dalga boylarındaki (yeşil ve mavi) ışıkların ve mavi rengi daha yoğun içeren beyaz (soğuk beyaz) ışığın piliçlerin performansını olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir. Bu derlemede, LED ampuller tarafından üretilen ışığın etlik piliçlerin davranışları ve davranışlar ile ilişkili fizyolojik özellikler üzerindeki etkileri ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Etlik piliç, ışık, aydınlatma, LED, refah, davranış

The Effects of LED Light Sources on Behavior Characteristics of Broiler Chickens

ABSTRACT: Behaviors are among the important parameters used to evaluate the welfare level and production characteristics of poultry. Optimum environmental conditions have positive effects in improving the product and welfare levels of broilers. Light is an important environmental factor affecting growth in broilers. Until today, different light sources have been used to illuminate the poultry houses. Recently, the use of LED bulbs that can produce monochromatic light has become widespread in the lighting of the poultry

houses. LED bulbs can produce light of certain wavelengths with the advantages they provide in terms of energy saving and carbon emission. Poultry have a wider field of vision in light spectrum than humans, thanks to their different eye structures. In many studies, it has been reported that the short wavelength (green and blue) lights produced by LED bulbs and the white (cold white) light containing the blue color more intensively have been reported to positively affect the performance of the broiler chickens. In this review, the effects of the light produced by LED bulbs on the behaviors of broilers and physiological characteristics related to behaviors are discussed.

Keywords: Broiler, light, lighting, LED, welfare, behavior

GİRİŞ

Işık, kanatlı hayvanların verimini, davranışlarını, fizyolojisini, bağışıklığını, metabolik hastalıklara bağlı ölümlerini ve refahını etkileyen önemli çevresel faktörlerden birdir (Nelson ve Demas, 1997:423; Lewis ve Morris, 1998:7; Reiter, 2003:274; Morris, 2004:163; Olanrewaju vd., 2006:301; Kim, 2013:1461). Işığın süresi, yoğunluğu ve dalga boyu aydınlatmanın temel bileşenlerindir.

Etçi Tavukların Korunması İlgili Asgari Standartlara İlişkin Yönetmeliğe (2018) ve AB düzenlemelerine (Council of the European Communities, 2007) göre piliçlere uygulanacak günlük aydınlatma süresinin (kesim zamanına üç gün kalana kadar) en çok 18 saat ve aydınlatmanın göz seviyesinde en az 20 lux olması gerekmektedir.

Modern kanatlı yetiştiriciliğinde kümeslerin aydınlatılması için geçmişte akkor ve floresan ampuller yaygın kullanılırken son yıllarda ışık yayan (LED) ampullerin kullanımı artmaktadır. Birçok ülkede enerji verimliliği ve çevresel etkiler nedeni ile akkor ampullerin üretimine kısıtlamalar getirilmiştir. Artan verimlilik standartları gereği LED ampullerin kullanılması bir zorunluluk haline gelmektedir. AB düzenlemeleri gereği 2020 yılından itibaren 85 lümen/watt altındaki ampullerin üretimlerinde kısıtlamalar söz konusudur (EU Comission 2019:6).

LED ampuller tarafından üretilen ışığın kanatlı hayvanlar üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmalarda, mavi ışığın sakinleştirdiği, kırmızı ışığın tüy çekme ve kanibalizimi artırdığı, turuncu-kırmızı ışığın üremeyi, mavi ve yeşil ışığın ise gelişmeyi uyardığı bildirilmektedir (Rozenboim vd., 1999a:135; 1999b:452; 2004:842). Çalışmaların önemli bir kısmında mavi (~450 nm) ve yeşil (~550 nm) ışığın etlik piliçlerin canlı ağırlığını %3'den fazla artırdığı (Soliman ve El-Sabrout, 2020:34), sınırlı sayıdaki çalışmada ise kırmızı (~700 nm) (Senaratna vd., 2016:1052) ve sarı

ışığın (~580 nm) (Firouzi vd., 2014:53) diğer renklere göre piliçlerin canlı ağırlıkları üzerinde daha olumlu etkiler meydana getirdiği bildirilmektedir.

Kanatlı hayvanların gözü, gözün konumu ve anatomik yapısı nedeniyle insan gözüne göre daha geniş bir görme alanına ve geniş bir renk aralığında görme yeteneğine sahiptir (Prescott vd., 2003:269). İnsan gözü elektromanyetik tayfın yaklaşık olarak 400-700 nm aralığındaki ışığı görebilirken (North ve Bell, 1990:407; Prescott ve Wathes, 1999:192) kanatlılar 380-740 nm aralığında kısa dalga (UV) ve uzun dalga (infrared) boylarındaki ışığı da görebilmektedir (Lewis ve Gous, 2009:499).

Kanatlılarda görme üç anatomik yapı ile (retina, epifiz bezi ve hipothalamus) gerçekleşmektedir (Lewis ve Morris, 2006). Kanatlı hayvanların sahip oldukları bir çift koni reseptörü (Kram vd., 2010) ve koni - çubuk reseptörleri içeren retinaları sayesinde UV spektrumunu görebilmektedirler (Hart, 2001:677; Yang vd., 2016). Kanatlıların gözlerindeki koni reseptörleri 415, 455, 508 ve 571 nm dalga boyundaki ışığa maksimum duyarlıdır (Olanrewaju vd., 2006: 305).

Tavuklarda ışık gözlerindeki retinal fotoreseptörler ve kafatasında bulunan ekstra retinal fotoreseptörler yolu ile epifiz bezi üzerinden hipofize ulaşır (Lewis ve Morris, 2006). Işıkla uyarılan epifiz bezi tarafından salgılanan serotonin ve melatonin hormonları hareketlilik, vücut sıcaklığı, sirkadiyen ritim, çiftleşme mevsimi ve endokrin fonksiyonlarda rol almaktadır (Baxter vd., 2014:1295). Işığın farklı dalga boyları, hayvanlarda davranışsal değişimlerle (Lan vd., 2013:175) birlikte bazı fizyolojik ve biyokimyasal olayları da etkilemektedir (Egbuniwe ve Ayo, 2016:605).

LED ampuller ışık yayan yarı iletken P-N birleşimli diyotlardır (Çil, 2014:1). Akkor ampullerin % 20'si düzeyinde elektrik tüketimi, kurşun içermemesi, daha uzun kullanım ömrüne sahip olması, ısı üretmemesi, belirli dalga boylarında ışık üretebilmesi, darbelere ve neme dayanıklılığı, küçük boyutları, tam parlaklık ile devreye girmesi, açma-kapama sayısının kullanım ömrünü etkilememesi LED ampullerin avantajlarındandır (Parvin vd., 2014:551; Olanrewaju vd., 2015:338; Yang vd., 2016:1; Mohamed vd., 2017:57).

Dünya genelinde artan enerji talebi ve çevre koruma gerekçesi ile enerji tasarrufu ve enerjinin verimli kullanılması zorunluluk haline gelmiştir. Birçok alanda bu amaçla düzenlemeler yapılmaktadır. LED ampullerin geliştirilmesi, yaygınlaşması ve ucuzlamasına bağlı olarak ABD'de ampullerin minimum ışık verimliği 45 lumen/watt (EISA, 2007), AB'de 2020 yılından itibaren 85 lümen/watt olacak şekilde düzenlenmiştir (EU Comission, 2019:6). Bu tip yasal düzenlemeler ile akkor ve floresan ampullerin kullanımı kısıtlanmıştır.

Bu çalışmada, LED ampuller tarafından üretilen farklı dalga boyuna sahip ışığın etlik piliçlerin davranışları üzerindeki etkileri derlenmiştir.

DAVRANIŞLAR ÜZERİNE ETKİLERİ

Refah, hayvanların açlık, susuzluk yaşamadan, acı çekmeden, korkuya, strese, yaralanma ve hastalıklara maruz kalmadan uygun barınak veya çevre koşullarında normal davranışlarını sergileyebilmeleridir (FAWC, 2009). Etlik piliçler, sahip oldukları yüksek büyüme hızı ve yemden yararlanma yetenekleri sayesinde kısa zamanda kesim yaşına ulaşmakta, genetik ıslah yoluyla kazandırılmış olan bu özellikler, hayvanların refahı üzerinde bazı olumsuz etkiler meydana getirmektedir.

Etlik piliçlerin refah seviyesinin belirlenmesinde davranış özelliklerinden ve bazı fizyolojik parametrelerinden yararlanılmaktadır. Işık rengi, kanatlıların davranışlarını, fizyolojisini ve immünolojisini etkilemektedir (Xie vd.,2008:1535; 2011:2703).

Kanatlı hayvanlarda davranışlar, beslenme (yeme, içme ve yem arama (kümesin zemininde yada diğer kısımlarında eşelenme, gagalama)), ayakta durma, hareket etme (yürüme ve koşma), dinlenme (tüneme ve tüylerini temizleme) ve agresiflik davranışları (saldırganlık ve tüy çekme) şeklinde ortaya çıkmaktadır (Shimmura vd., 2007:317).

Hunt, (2009:34) LED ampullerin kanatlı hayvan yetiştiriciliğinde kullanılmasının geleneksel aydınlatma sistemleri ile ilişkili birçok stres ve sağlık sorununu önleyebileceği, LED ampullerle aydınlatılan kanatlıların davranışlarının bundan olumlu etkilendiğini, daha sakin davrandıklarını, tüy çekme ve saldırganlık eğilimlerinin de azaldığını bildirilmişlerdir. Farklı dalga boylarına sahip ışığın, etlik piliçlerin davranışları üzerindeki etkilerinin incelendiği araştırmalarda; piliçlerin kırmızı ışıkta diğer ışık renklerine göre daha fazla yürüme, uçma, başlarını hareket ettirme, altlık karıştırma, vücudunu sallama, kanat çırpma, kanat/bacak germe, tüy çekme davranışlarını sergileyerek daha aktif oldukları, kırmızı ve kırmızı-sarı renkli ışıkların piliçlerde hareketliliği ve korku tepkilerini artırdığı, yeşil ışık altında ise konfor davranışlılarını (tüy temizleme ve toz banyosu) sergiledikleri, mavi ve yeşil ışıkların ise hareketliliği azalttığı ve mavi ışığın hareketliliği azaltmakla birlikte uyku ve oturma davranışlarını da artırdığı bildirilmektedir (Son ve Velmurugu, 2009:329; Rierson, 2011:49; Senaratna vd., 2012:38; Sultana vd., 2013:207; Hesham vd., 2018:951). Mavi ışıkta piliçler daha fazla altılık karıştırmaktadır (Senaratna vd., 2012:38; Hesham vd., 2018:951). Etlik piliçlerde dalga boyu 440-510 nm arasındaki dört farklı mavi ve 530-540 nm yeşil ışıkların etkilerinin incelendiği çalışmada, saf

mavi ışığın (440-450 nm) piliçlerde hareketliliği azalttığı, oturma süresini ise uzattığı bildirilmektedir (Sultana, 2020). Mavi ışık, etlik piliçlerde stresin azalmasında önemli rol oynamıştır (Xie vd., 2008:1535). Etlik piliçlerde yem yeme ve su içme aktivitelerinin mavi ve yeşil ışık altında daha fazla olduğu (Soliman ve El-Sabrout, 2020:36), piliçlere sarı, kırmızı ve yeşil ışıklar arasında seçim yapma şansı verildiğinde, yeşil ve sarı ışık altında daha fazla zaman geçirmeyi tercih ettikleri ortaya çıkmıştır (Khosravinia, 2007:213). Senaratna vd., (2012:38) ise ışık renginin yem yeme davranışı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı bildirmektedir.

Kondra (1961:268), Rozenboim vd. (1999a:137), Cao vd. (2008:213), Sharideh ve Zaghari (2017:549) ve Bingöl (2019:24) ışık renginin piliçlerin ölüm oranı üzerindeki etkisinin önemli olmadığını bildirmiştir. Bununla birlikte, kanatlı hayvanların davranışlarıyla fizyolojik özellikleri arasındaki doğrusal ilişki nedeniyle, refah düzeyi yüksek sürülerde ölüm oranı % 0.5 oranında azalmaktadır (Parvin vd., 2014:545).

İncelenen literatürde, LED ampullerin ürettiği renk sıcaklıkları farklı (K-kelvin) beyaz ışığın etkilerinin araştırıldığı çalışmalara da rastlanmaktadır. Archer, (2018:1015) 5000 K değerindeki soğuk beyaz ışığın, 2700 K değerindeki sıcak beyaz ışığa göre piliçlerde stresi ve korkuyu azalttığını ve daha yüksek canlı ağırlık artışı sağladığını bildirmiştir. Riber (2015:1771) 4100 K gün ışığı ile 6065 K soğuk beyaz ışığın, piliçlerde yürümeye bozukluğu, ayak tabanı yangısı ve eklem yangısının görülme sıklığı üzerindeki etkisinin önemli olmadığını bildirmiştir.

Hareketsiz kalma tepkisi (tonik immobilite) tavuklarda korkuyu değerlendirmek üzere kullanılan bir testtir. Hareketsizlik süresi uzun olan piliçler kısa olanlara göre daha pasif veya çekingen olarak değerlendirilmektedir (Akşit ve Özdemir, 2002:30). Mavi ışıkta yetiştirilen piliçlerin beyaz ışıkta yetiştirilenlerden daha uzun süre hareketsiz kaldığı görülmüştür (Mohamed vd. 2020:1104). Diğer taraftan, floresan (gün ışığı-4100 K) ve LED ampuller tarafından üretilen mavi, yeşil ve soğuk beyaz (6500 K) ışık piliçlerin korku tepkisini etkilememektedir (Akşit vd., 2017, Bingöl, 2019:24, Helva vd., 2019). Sultana vd., (2013:207) LED ampuller tarafından üretilen kırmızı ve kırmızı- sarı ışıkta mavi ve yeşil renkli ışığa göre piliçlerin hareketsiz kalma sürelerinin uzadığını ortaya koymuşlardır.

Yürüme skoru (gait score), piliçlerin yürüme kabiliyetini ve bacak zayıflığını saptamak için geliştirilmiş bir ölçüm yöntemidir (Kestin vd., 1992:190). Olanrewaju vd., (2016:727) beyaz ışık üreten LED ampul ile aydınlatılan etlik piliçlerin floresanla aydınlatılanlara göre daha iyi yürüme skoruna sahip olduklarını bildirmişlerdir. Bingöl, (2019:5) beyaz floresan ile LED ampuller tarafından üretilen mavi ve yeşil

ışıklarla aydınlatmanın etlik piliçlerin yürüme skorları üzerinde önemli bir etkisinin bulunmadığını ortaya koymuştur. Kristensen vd., (2006:258) mavi ışığın bacak problemlerini olumsuz etkileyebileceğini bildirirken, Riber (2015:1771) gün ışığı ve soğuk beyaz ışığın piliçlerde topallığın giderilmesinde önemli bir etkisinin olmadığını bildirmektedir. Dalga boyları ya da yoğunlukları farklı ışığın etlik piliçlerin yürüme skorunu etkilememektedir (Kristensen vd., 2006:257). Yeşil ışık, beyaz ve mavi ışığa göre piliçleri hareket etmeye motive ederek, yürüme becerilerinin gelişmesine katkıda bulunduğundan refah düzeylerini iyileştirmektedir (Helva vd., 2019). Etlik piliçlerin yürüme yeteneklerinin değerlendirilmesinde kullanılan bir diğer parametre de bacak kemik yoğunluğu ve mukavemetidir. Tibia kemiğinin kırılma direnci ile kemik yoğunluğu arasında önemli bir ilişkinin bulunduğu (Frost ve Roland, 1991:1640; Prayitno vd., 1997:1674), canlı ağırlığı yüksek piliçlerin, hafif olanlardan daha yüksek kemik mineral yoğunluğuna ve mineral içeriğine sahip olduğu ileri sürülmüştür (Schreiweis vd., 2005:677). Farklı renklerdeki LED ışığın etlik piliçlerin kemik mineral yoğunluğu (Hassan vd., 2013) ve tibia kemiğinin kırılma direnci (Bingöl, 2019:25) üzerindeki etkilerinin önemli olmadığı bildirilmiştir.

LED ampuller diğer ışık kaynakları ile kıyaslandığında etlik piliçlerin korku ve stresini azaltmaktadır (Huth ve Archer, 2015:2027). Etlik piliçlerde stresi ve ürkekliği azaltma potansiyeli göstermiştir (Archer, 2018:1015; Archer ve Byrd, 2018:529).

Heterofil / lenfosit (H/L) oranı genellikle uzun süreli stresin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Artan stres yüksek H/L oranı ile sonuçlanmaktadır (Gross ve Siegel, 1983:972). Mohamed vd. (2020:1105) mavi, yeşil veya mavi - yeşil ışık dönüşümlü olarak kullanıldığında beyaz ışığa göre piliçlerin hematolojik parametrelerini (hemoglobin, RBC, PCV, TLC ve H/L oranı) etkileyerek piliçlerin sağlığı üzerinde olumlu etkiler meydana getirdiği, mavi, yeşil veya mavi - yeşil ışık 5 lux seviyesinde kullanıldığında piliçlerde korku davranışlarının azaldığı bildirilmektedir.

Çevresel etkilere bağlı olarak stres durumunda salgılanan bir hormon olan kortikosteron (CORT) düzeyi kısa dönemli stresin bir göstergesidir (Wodzika-Tomaszewska vd., 1982:393). CORT salgılanmasındaki artış büyümeyi ve bağışıklığı baskılayabilir (Virden ve Kidd, 2009:343). Renk sıcaklığı 5000 K değerinde soğuk beyaz ışık uygulanarak yetiştirilen piliçlerin plazma CORT seviyesi ve H/L oranlarının 2700 K değerinde sıcak beyaz ışığa göre daha düşük olduğu bildirilmektedir (Archer, 2018:1015). Stres durumunda salgılanan bir diğer hormon da adrenokortikotropik hormondur (ACTH). Mavi ve yeşil ışık piliçlerde 21-42. günler arasında daha düşük ACTH salgılanmasına neden olarak stresi azaltmaktadır (Helva vd., 2019).

Xie vd., (2008:1535), farklı dalga boylarındaki (renk) ışığın etlik piliçlerin bağışıklığı üzerindeki etkisini incelediği araştırmada mavi ve yeşil ışığın, kırmızı ışığa göre piliçlerde daha fazla antikor üretimini ve humoral bağışıklık fonksiyonunu teşvik edebileceğini, serum IL-1β seviyesindeki azalma nedeniyle mavi ışığın etlik piliçlerde stres tepkisini hafifletmede rol oynayabileceğini bildirmiştir. Etlik piliçlerde yeşil ve mavi ışığın kırmızı ışığa göre dalak makrofaj hücrelerini çoğalttığı ve hücresel ya da hümoral (hücre dışı) bağışıklık sistemi tepkisinin daha güçlü olmasından dolayı ışık dalga boyu ile bağışıklık düzeyi arasında yakın bir ilişki bulunduğu bildirilmiştir (Xie vd. 2011:2697). Ayrıca, mavi ışık altında uyuma, oturma ve oyalanma faaliyetlerinin çok daha fazla olduğunu, bu durumun, mavi ışığın piliçlerdeki stres tepkisini serum interlökin-1 seviyesinin azalması yoluyla hafifletmesine bağlanabilir. Hesham vd., (2018:955) ise piliçlerin yetiştirilmesi sırasında uygulanan sarı ve yeşil ışığın erken gelişme dönemde (21.gün) mavi ışığın ise geç gelişme döneminde (35.gün) serum IgG ve IgA düzeylerini artırdığını bildirmektedir. Bingöl (2019:33) etlik piliçlerde 28.günde beyaz floresana göre, mavi, yeşil, yeşil-mavi (dönüşümlü) LED ışıkta, 40.günde ise yeşil-mavi (dönüşümlü) ışıkta piliçlerde serum IgG düzeyinin yüksek olduğunu bildirmektedir.

LED ampuller tarafından üretilen mavi ışık Newcastle aşısının etkisini artırmakla birlikte beyaz ve kırmızı ışığa göre bağırsak bakteri yükünü de azaltmaktadır (Soliman ve Hassan, 2019:1052). Sıcak stresi altında yetiştirilen etlik piliçlerde mavi ışık oksidatif stresi azaltmaktadır (Abdo vd., 2017).

Farklı dalga boylarındaki ışığın piliçlerde büyüme hormonu salgılanması üzerindeki etkisinin ele alındığı çalışmalarda Zhang vd. (2016:286) yeşil ışığın plazma büyüme hormonu düzeyini artırdığını, Helva vd. (2019) mavi - yeşil ve soğuk beyaz ışığın plazma büyüme hormonu salgılanmasını etkilemediğini bildirmiştir.

SONUÇ

Akkor ve floresan ampullere göre çok sayıda avantaja sahip olan LED ampullerin kanatlı hayvan yetiştiriciliğinde yarattığı en önemli farklılıklardan biri belirli dalga boylarında ışık üretebilmesidir. LED ampuller aracılığı ile üretilen ışığın etkilerinin incelendiği çalışmaların ilk dönemlerinde LED ampuller tarafından üretilen ışığın akkor ve floresan ampuller tarafından üretilen ışığa göre etlik piliç yetiştiriciliği üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Devamındaki çalışmalarda LED ampuller tarafından üretilen farklı dalga boylardaki ışığın etkileri ve yetiştirme sürecinin çeşitli dönemlerinde farklı dalga boylarındaki ışığın uygulanması ve beyaz ışığın farklı sıcaklık değerlerinin etkileri incelenmiştir. Çalışmaların büyük bir kısmında mavi (440

- 480 nm), yeşil (500 - 540 nm) ve mavi tonları daha fazla içeren soğuk beyaz (>5000 K) renk sıcaklığındaki ışığın piliçlerin performanslarını olumlu yönde etkilediği ortaya çıkmıştır.

Performansla birlikte hayvan yetiştiriciliği açısından önemli bir değerlendirme ölçütü de uygulamaların hayvanların refahı üzerindeki etkileridir. Refahın değerlendirilmesine yönelik çalışmaların büyük kısmında mavi - yeşil ve soğuk beyaz ışıkların hayvanlarının korku, stres ve bazı agresif davranışlarını azalttığı bildirilmektedir. Fizyolojik stresin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda ise mavi - yeşil ve soğuk beyaz ışıkların bazı parametreleri olumlu yönde etkilemiştir. Farklı ışık dalga boyunun bazı aşıların etkinliği üzerinde de olumlu etkilerinin olduğunu bildiren çalışmalara da rastlanmaktadır.

Son dönemde yapılan çalışmalarda; daha dar aralıklı dalga boylarının incelenmesi, yetiştirme sürecinin daha fazla döneme bölünerek yaş-ışık dalga boyu arasındaki ilişkilerin irdelendiği araştırmalara ve aynı anda birkaç renkte ışık uygulamanın etkilerinin incelendiği çalışmalara da rastlanmaktadır.

Mevcut yasal düzenlemeler ve ekonomik gerekçeler ile LED ampullerin kullanımının daha fazla yaygınlaşması beklenmektedir. Etlik piliçlerin spektral duyarlılıkları da dikkate alınarak ışık dalga boylarının performans, refah ve davranışlar üzerindeki etkilerine yönelik elde edilen bilimsel verilere göre, piliçlerin gelişmesi ve refahı üzerinde olumlu etkilerini ortaya koyan dalga boylarının daha yoğun / baskın olduğu aydınlatma özellikli ve yetiştirme dönemlerine göre değişen dalga boylarının uygulamasına olanak sağlayan LED ampuller geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

Abdo, S. E., El-Kassas, S., El-Nahas, A. F., & Mahmoud, S. (2017). Modulatory effect of monochromatic blue light on heat stress response in commercial broilers. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2017*.

Akşit, M., & Özdemir, D. (2002). Kanatlılarda korku davranışı. *Hayvansal Üretim*, *43*(2).26-34

Aksit, M., Yardim, Z. K., & Yalcin, S. (2017). Environmental enrichment influences on broiler performance and meat quality: Effect of light source and providing perches. *Eur. Poult. Sci., 81*.

Archer, G. S. (2018). Color temperature of light-emitting diode lighting matters for optimum growth and welfare of broiler chickens. *Animal*, *12*(5), 1015-1021.

Archer, G. S., & Byrd, J. A. (2018). Effect of light spectrum on stress susceptibility and Salmonella status of laying hens. *Int. J. Poult. Sci*, *17*, 529-535.

Baxter, M., Joseph, N., Osborne, V. R., & Bedecarrats, G. Y. (2014). Red light is necessary to activate the reproductive axis in chickens independently of the retina of the eye. *Poultry Science*, *93*(5), 1289-1297.

Bingöl T. (2019). Etlik piliçlerde LED ışık kullanımının göğüs eti kalitesi, tibia kemiğinin bazı özellikleri, immunoglobulin g düzeyi ve verim özellikleri üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi; Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın

Cao, J., Liu, W., Wang, Z., Xie, D., Jia, L., & Chen, Y. (2008). Green and blue monochromatic lights promote growth and development of broilers via stimulating testosterone secretion and myofiber growth. *Journal of Applied Poultry Research*, *17*(2), 211-218.

Çil, C.Z. (2014). Işık yayan diyotlar (LED'ler) ve aydınlatmada kullanımı. http://www.empinovas.com/wp-content/uploads/2016/11/LED_Konferans_Bildiri_17.08.2014.pdf

Council of the European Communities (2007). Laying Down Minimum Rules for the Protection of Chickens Kept for Meat Production. Council Directive 2007/43/EC https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2007/43/oj

Egbuniwe, I. C., & Ayo, J. O. (2016). Physiological roles of avian eyes in light perception and their responses to photoperiodicity. *World's Poultry Science Journal*, *72*(3), 605-614.

EISA (2007) Congress, U. S. Energy independence and security act of 2007. *Public law*, *2*, 110-140.

Etlik Tavukların Korunmasına ile İlgili Asgari Standartlara İlişkin Yönetmelik (2018). Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/01/20180120-19.htm

European Comission (2019). European Parliament and of the Council with Regard to Energy Labelling of Light Sources https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/3/2019/EN/C-2019-1805-F1-EN-MAIN-PART-1.PDF

FAWC (2009). Farm Animal Welfare Council, Five freedoms,. https://www.fawec.org/media/com_lazypdf/pdf/fs1-en.pdf

Firouzi, S., Nazarpak, H. H., Habibi, H., Jalali, S. S., Nabizadeh, Y., Rezaee, F., ... & Marzban, M. (2014). Effects of color lights on performance, immune response and hematological indices of broilers. *Journal of World's Poultry Research*, *4*(2), 52-55.

Frost, T. J., & Roland Sr, D. A. (1991). Research note: Current methods used in determination and evaluation of tibia strength: A correlation study involving birds fed various levels of cholecalciferol. *Poultry Science*, *70*(7), 1640-1643.

Gross, W. B., & Siegel, H. S. (1983). Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. *Avian Diseases*, 972-979.

Hart, N. S. (2001). The visual ecology of avian photoreceptors. *Progress in Retinal and Eye Research*, *20*(5), 675-703.

Hassan, M. R., Sultana, S., Choe, H. S., & Ryu, K. S. (2013). A comparison of monochromatic and mixed LED light color on performance, bone mineral density, meat and blood properties, and immunity of broiler chicks. *The Journal of Poultry Science*, 0130049.

Helva, I.B. , Aksit, M., & Yalcin, S., (2019). Effects of monochromatic light on growth performance, welfare and hormone levels in broiler chickens. *European Poultry Science*, 83.

Hesham, M. H., El Shereen, A. H., & Enas, S. N. (2018). Impact of different light colors in behavior, welfare parameters and growth performance of Fayoumi broiler chickens strain. *Journal of The Hellenic Veterinary Medical Society*, *69*(2), 951-958.

Hunt, J. (2009). Shedding some light on lifting bird welfare. *World Poultry*, *163*(6), 34.

Huth, J. C., & Archer, G. S. (2015). Comparison of two LED light bulbs to a dimmable CFL and their effects on broiler chicken growth, stress, and fear. *Poultry Science*, *94*(9), 2027-2036.

Kestin, S. C., Knowles, T. G., Tinch, A. E., & Gregory, N. G. (1992). Prevalence of leg weakness in broiler chickens and its relationship with genotype. *Veterinary Record*, *131*(9), 190-194.

Khosravinia, H. (2007). Preference of broiler chicks for color of lighting and feed. *The Journal of Poultry Science*, *44*(2), 213-219.

Kim, M. J., Parvin, R., Mushtaq, M. M. H., Hwangbo, J., Kim, J. H., Na, J. C., ... & Yang, C. B. (2013). Growth performance and hematological traits of broiler chickens reared under assorted monochromatic light sources. *Poultry Science*, *92*(6), 1461-1466.

Kondra, P. A. (1961). The effect of colored light on growth and feed efficiency of chicks and poults. *Poultry Science*, *40*(1), 268-269.

Kram, Y. A., Mantey, S., & Corbo, J. C. (2010). Avian cone photoreceptors tile the retina as five independent, self-organizing mosaics. *PloS One*, *5*(2), e8992.

Kristensen, H. H., Perry, G. C., Prescott, N. B., Ladewig, J., Ersbøll, A. K., & Wathes, C. M. (2006). Leg health and performance of broiler chickens reared in different light environments. *British Poultry Science*, *47*(3), 257-263.

Lan, X., Li, D., Wang, V., Zhao, X., Liu, Y., & Zhu, Q. (2013). Effect of monochromatic light on the crown performance of chickens. *Indian Journal of Animal Research*, *47*(2), 175-177.

Lewis, P. D., & Morris, T. R. (1998). Responses of domestic poultry to various light sources. *World's Poultry Science Journal*, *54*(1), 7-25.

Lewis, P. D., & Morris, T. R. (2006). *Poultry lighting: the theory and practice*. Northcot.

Lewis, P. D., & Gous, R. M. (2009). Responses of poultry to ultraviolet radiation. *World's Poultry Science Journal*, *65*(3), 499-510.

Mohamed, R. A., El-Kholya, S. Z., Shukry, M., El-Kassas, S., & El Saidy, N. R. (2017). Manipulation of broiler growth performance, physiological and fear responses using three monochromatic LED lights. *Alexandria Journal for Veterinary Sciences*, *53*(1), 57-62.

Mohamed, R., Abou-Elnaga, A., Ghazy, E., Mohammed, H., Shukry, M., Farrag, F., ... & Bahattab, O. (2020). Effect of different monochromatic LED light colour

and intensity on growth performance, physiological response and fear reactions in broiler chicken. *Italian Journal of Animal Science*, *19*(1), 1099-1107.

Morris, T. R. (2004). Environmental control for layers. *World's Poultry Science Journal*, *60*(2), 163-175.

Nelson, R. J., & Demas, G. E. (1997). Role of melatonin in mediating seasonal energetic and immunologic adaptations. *Brain Research Bulletin*, *44*(4), 423-430.

North, M. O., & Bell, D. (1990). Lighting management. *Commercial Chicken Production Manual*, *4*, 407-431.

Olanrewaju, H. A., Thaxton, J. P., Dozier, W. A., Purswell, J., Roush, W. B., & Branton, S. L. (2006). A review of lighting programs for broiler production. *International Journal of Poultry Science*, *5*(4), 301-308.

Olanrewaju, H. A., Purswell, J. L., Maslin, W. R., Collier, S. D., & Branton, S. L. (2015). Effects of color temperatures (kelvin) of LED bulbs on growth performance, carcass characteristics, and ocular development indices of broilers grown to heavy weights. *Poultry Science*, *94*(3), 338-344.

Olanrewaju, H. A., Miller, W. W., Maslin, W. R., Collier, S. D., Purswell, J. L., & Branton, S. L. (2016). Effects of light sources and intensity on broilers grown to heavy weights. Part 1: Growth performance, carcass characteristics, and welfare indices. *Poultry Science*, *95*(4), 727-735.

Parvin, R., Mushtaq, M. M. H., Kim, M. J., & Choi, H. C. (2014). Light emitting diode (LED) as a source of monochromatic light: a novel lighting approach for behaviour, physiology and welfare of poultry. *World's Poultry Science Journal*, *70*(3), 543-556.

Prayitno, D., Phillips, C. J., & Stokes, D. K. (1997). The effects of color and intensity of light on behavior and leg disorders in broiler chickens. *Poultry Science*, *76*(12), 1674-1681.

Prescott, N. B., & Wathes, C. M. (1999). Reflective properties of domestic fowl (Gallus g. domesticus), the fabric of their housing and the characteristics of the light environment in environmentally controlled poultry houses. *British Poultry Science*, *40*(2), 185-193.

Prescott, N. B., Wathes, C. M., & Jarvis, J. R. (2003). Light, vision and the welfare of poultry. *Animal Welfare*, *12*(2), 269-288.

Reiter, R. J. (2003). Melatonin: clinical relevance. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, *17*(2), 273-285.

Riber, A. B. (2015). Effects of color of light on preferences, performance, and welfare in broilers. *Poultry Science*, *94*(8), 1767-1775.

Rierson, R. D. (2011). *Broiler preference for light color and feed form, and the effect of light on growth and performance of broiler chicks* (Doctoral dissertation, Kansas State University).

Rozenboim, I., Biran, I., Uni, Z. E. H. A. V. A., Robinzon, B. O. A. Z., & Halevy, O. R. N. A. (1999a). The effect of monochromatic light on broiler growth and development. *Poultry Science*, *78*(1), 135-138.

Rozenboim, I., Robinzon, B., & Rosenstrauch, A. (1999b). Effect of light source and regimen on growing broilers. *British Poultry Science*, *40*(4), 452-457.

Rozenboim, I., Biran, I., Chaiseha, Y., Yahav, S., Rosenstrauch, A., Sklan, D., & Halevy, O. (2004). The effect of a green and blue monochromatic light combination on broiler growth and development. *Poultry Science*, *83*(5), 842-845.

Schreiweis, M. A., Hester, P. Y., & Moody, D. E. (2005). Identification of quantitative trait loci associated with bone traits and body weight in an F2 resource population of chickens. *Genetics Selection Evolution*, *37*(7), 677.

Senaratna, D., Samarakone, T. S., Madusanka, A. A. P., & Gunawardane, W. W. D. A. (2012). Performance, behaviour and welfare aspects of broilers as affected by different colours of artificial light. *Tropical Agricultural Research and Extension*, *14*(2).38-45.

Senaratna, D., Samarakone, T. S., & Gunawardena, W. W. D. A. (2016). Red color light at different intensities affects the performance, behavioral activities and welfare of broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *29*(7), 1052-1059.

Sharideh, H., & Zaghari, M. (2017). Effect of light emitting diodes with different color temperatures on immune responses and growth performance of male broiler. *Annals of Animal Science*, *17*(2), 545-553.

Shimmura, T., Hirahara, S., Eguchi, Y., Uetake, K., & Tanaka, T. (2007). Behavior, physiology, performance and physical condition of layers in conventional and large furnished cages in a hot environment. *Animal Science Journal*, *78*(3), 314-322.

Soliman, E. S., & Hassan, R. A. (2019). Impact of lighting color and duration on productive performance and Newcastle disease vaccination efficiency in broiler chickens. *Veterinary World*, *12*(7), 1052-109.

Soliman, F. N., & El-Sabrout, K. (2020). Light wavelengths/colors: Future prospects for broiler behavior and production. *Journal of Veterinary Behavior*, 36, 34-39.

Son, J. H., & Ravindran, V. (2009). The effects of light colors on the behavior and performance of broiler chickens. *Korean Journal of Poultry Science*, *36*(4), 329-335.

Sultana, S., Hassan, M. R., Choe, H. S., & Ryu, K. S. (2013). The effect of monochromatic and mixed LED light colour on the behaviour and fear responses of broiler chicken. *Avian Biology Research*, *6*(3), 207-214.

Sultana, S., Hassan, M. R., Kim, B. S., & Ryu, K. S. (2020). Effect of various monochromatic light emitting diodes colour on the behaviour and welfare of broiler chickens. *Canadian Journal of Animal Science*, (ja).

Virden, W. S., & Kidd, M. T. (2009). Physiological stress in broilers: Ramifications on nutrient digestibility and responses. *Journal of Applied Poultry Research*, *18*(2), 338-347.

Wodzicka-Tomaszewska, M., Stelmasiak, T., & Cumming, R. B. (1982). Stress by immobilization, with food and water deprivation, causes changes in plasma concentration of triiodothyronine, thyroxine and corticosterone in poultry. *Australian Journal of Biological Sciences*, *35*(4), 393-402.

Xie, D., Wang, Z. X., Dong, Y. L., Cao, J., Wang, J. F., Chen, J. L., & Chen, Y. X. (2008). Effects of monochromatic light on immune response of broilers. *Poultry Science*, *87*(8), 1535-1539.

Xie, D., Li, J., Wang, Z. X., Cao, J., Li, T. T., Chen, J. L., & Chen, Y. X. (2011). Effects of monochromatic light on mucosal mechanical and immunological barriers in the small intestine of broilers. *Poultry Science*, *90*(12), 2697-2704.

Yang, Y., Yu, Y., Pan, J., Ying, Y., & Zhou, H. (2016). A new method to manipulate broiler chicken growth and metabolism: Response to mixed LED light system. *Scientific Reports*, *6*(1), 1-10.

Zhang, L., Cao, J., Wang, Z., Dong, Y., & Chen, Y. (2016). Melatonin modulates monochromatic light-induced GHRH expression in the hypothalamus and GH secretion in chicks. *Acta Histochemica*, *118*(3), 286-292.

POLİKÜLTÜRÜN FARKLI SU KAYNAKLARINDA NIL TILAPYA (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) VE KIRMIZI BATAKLIK KEREVİTLERİNİN (*PROCAMBARUS CLARKII*) BÜYÜME PERFORMANSINA ETKİSİ

Metin YAZICI
İskenderun Teknik Üniversitesi
Yavuz MAZLUM
İskenderun Teknik Üniversitesi
Mehmet NAZ
İskenderun Teknik Üniversitesi

ÖZET: Polikültür, su, alan ve besin geri dönüşümünün verimli kullanımını teşvik ederek, sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliğinin gelişimine katkı sağlayan önemli uygulamalardan biri olmuştur. Şimdiye kadar kerevitlerle ilgili polikültür çalışmaları tatlı sular ile sınırlı kalmıştır. Mevcut çalışmada; tuzluluğun tilapya larvaları-juvenile bataklık kereviti polikültürünün büyüme performansı üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada ortalama ağırlığı 0.25 ± 0.09 g olan tilapya (n = 360) (*Oreochromis niloticus*) ve ortalama ağırlığı 0.56 ± 0.04 g olan kerevit (*Procambarus clarkii*) (n = 60) kullanılmıştır. Deneme planı randomize blok dizayna (2x2x3) göre şekillendirilmiştir. Deneme 500 litrelik dairesel tanklarda tilapya (n=30) ve kerevit (n=10) olacak şekilde iki farklı tuzlulukta (0-12ppt) 3 tekerrür olarak 45 gün boyunca yürütülmüştür. Denemede gelişim performanslarına göre 800-1200 µ ticari levrek yemi kullanılmıştır. Deneme süresince su kalite parametreleri her iki tür için optimum seviyelerde tutulmuştur.

Çalışma sonunda büyüme performansı olarak ağrlık artışı, spesifik büyüme oranı, yem değerlendirme oranı ve yaşama oranı değerlendirilmiştir. Tuzluluğa bağlı olarak tilapya-kerevit polikültürü ve tilapya muamele grupları arasında istatistiki olarak bir fark gözlenmezken ($p>0,05$), kerevitlerin yaşama oranlarında istatistiksel olarak farklılıklar bulunmuştur ($p<0,05$). Buna ilaveten tilapya ve kerevit etkileşiminin de bu süre içerisinde büyüme performansı üzerine etkisinin olmadığı gözlenmiştir ($p> 0.05$).

Sonuç olarak tilapya-kerevit polikültüründe, 12 ppt seviyesi tilapya için herhangibir sorun oluşturmazken, kerevitlerin yaşama oranını önemli ölçüde düşürmüştür. İleride yapılacak çalışmalarda kerevitlerin hayatta kalma oranını

artırmak için tilapya-kerevit polikültüründe daha düşük tuzluluk kullanılması önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: polikültür, tilapya, kırmızı bataklık kereviti, tuzluluk

The effect of polyculture on the growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) in different water sources.

ABSTRACT: Polyculture has been one of the important practices contributing to the development of sustainable aquaculture by promoting the efficient use of water, land and nutrient recycling. Polyculture studies on crayfish have been limited to fresh water so far. In the current study, the effects of salinity on the growth performance of tilapia larvae-juvenile red swamp crayfish polyculture were investigated. In this study, tilapia (n = 360) (*Oreochromis niloticus*) with an approximate average weight of 0.25 ± 0.09 g and crayfish (*Procambarus clarkii*) (n = 60) with an average weight of 0.56 ± 0.04 g were used. The experiment was planned according to the randomized block design (2x2x3). The experiment was carried out in 500 liter circular tanks in two different salinity (0-12ppt) as tilapia (n = 30) and crayfish (n = 10) for 45 days in 3 replicates. In the experiment, 800-1200 µ size commercial sea bass feed was used according to their growth performance. During the trial, the water quality parameters were maintained at optimum levels for both species.

At the end of the study, weight gain, specific growth rate, feed conversion rate and survival rate were evaluated as growth performance. While there was no statistically significant difference between the tilapia-crayfish polyculture and tilapia treatment groups depending on the salinity ($p > 0.05$), statistical differences were found in the survival rates of the crayfish ($p < 0.05$). In addition, it was observed that tilapia and crayfish interaction had no effect on growth performance during this period ($p > 0.05$).

In conclusion, while the salinity rate in tilapia-crayfish polyculture did not pose any problem for tilapia at 12 ppt level, it significantly decreased the survival rate of crayfish. In future studies, it is suggested to use lower salinity in tilapia-crayfish polyculture to increase the survival rate of crayfish.

Keywords: polyculture, tilapia, red swamp crayfish, salinity

Giriş

Günümüzde bütün Dünya' da etkili olan COVID-19 dâhil olmak üzere yeni dünyada ortaya çıkan zorluklar, araştırmacıları daha sağlıklı ve daha güvenli gıda zinciri oluşturulmasını sağlamaya zorunlu kılmıştır. Su ürünleri sektörü bir yandan

insanlar için protein taleplerine katkıda bulunmakta, diğer yandan besleyici ve ucuz hayvansal protein kaynağı sağlamasından dolayı da artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamaktadır (Dawood vd. 2020; Kuebutornye vd. 2020; Magouz vd., 2020; Adel vd. 2021).

Su ürünleri yetiştiricilik sektöründe tilapyalar yıllık 6.93 milyon ton üretimle 140 dan fazla ülkede yetiştiriciliği yapılmaktadır. Tilapyalar, sazanlardan sonra en fazla üretimi yapılan 2. balık grubu olarak ta küresel besin güvenliğine çok önemli katkılar sağlamaktadır (Rahmah vd. 2020). Farklı tilapya türlerinin yetiştiriciliği yapılsa da yetiştiricilikte en yüksek oranı Nile tilapyası *Oreochromis niloticus* oluşturmaktadır. Tilapyaların tercih edilme sebepleri arasında yetiştiricilik koşullarına kolay adapte olabilmeleri, hızlı büyümeleri, fiyatlarının diğer balıklara göre daha ucuz olması, farklı çevresel stres faktörlerine karşı dirençli olmaları gösterilmektedir (Dawood vd. 2020; Doan vd. 2020).

Tilapya gibi yoğun yetiştiricilik yapılan ortamlarda ana madde girişi olarak kullanılan ve üretim maliyetinin %50-80'nini oluşturan yemler, balıklar tarafından tam olarak tüketilmediği durumlarda suya karışmaktadır. Bu durum su kalitesinin bozulmasına sonuç olarak ta çeşitli hastalıklara yol açmaktadır (Wang vd. 2016; Bharathi vd. 2019). Bu durumun önüne geçmek için özellikle tilapya yetiştiriciliğinde Güneydoğu Asya ülkelerinde polikültür çalışmaları yaygın olarak yapılmaktadır. (Ponce-Marban vd., 2006; Hernandez-Vergara vd. 2018).

Polikültür; üretimi etkin bir şekilde artırmak için, beslenme davranışları, alışkanlıkları ve ekolojik ihtiyaçları bakımından farklılık gösteren iki veya daha fazla türün aynı ortamda yetiştirilmesidir (Hisano vd., 2019; Fitzsimmons vd. 2017). Polikültürde yenmemiş yemleri yeme potansiyeli olan 2. veya 3. türler eklenerek su kalitesi korunmakta ve ana türün performansında gelişme sağlanmış olmasına rağmen, monokültür sistemlerde ise yenmemiş besinler, fitoplankton ve amonyak konsantrasyonlarını arttırarak sudaki çözünmüş oksijen dinamiklerini değiştirmektedir. Polikültür ile birlikte, su ürünleri yetiştiriciliğinin çevresel etkileri azaltılmış, üretici karlılığı arttırılmış ve kaynaklar optimum şekilde kullanılmış olur. Bu durum sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliğinin temel prensipleriyle uygunluk göstermektedir (Wang vd. 2016).

Sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliğinin bir diğer özelliği de kaynakların etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasıdır (Rairat vd. 2020; Rahmah vd. 2020). Tatlısu alanlarında su ürünleri yetiştiriciliğinin potansiyel genişleme kapsamı sınırlı olsa da, çorak arazilerde veya tuzdan etkilendiği için kullanılamayan alanlarda, yetiştiriciliğin yaygınlaştırılması için önemli fırsatlar sunmaktadır (Rahmah vd. 2020; Wu vd.

2021). Küresel olarak, tuzlanma nedeniyle üretkenliğini yitirmiş yaklaşık 380 milyon hektar arazi bulunmaktadır (Singha vd. 2020). Üretkenliğini yitirmiş bu alanlarda uygun türlerin kullanımı, hem yer altı tuzluluğunu azaltılmasına yardımcı olmakta hem de yetiştiricilerin geçim kaynaklarını arttırmaya katkı sağlayarak yetiştiriciliğin sürdürülebilir şekilde yapılmasına imkân sağlamaktadır (Rairat vd. 2020; Singha vd. 2020; Wu vd. 2021).

Tilapyalar, genellikle tatlı su balığı olmalarına rağmen tuza dayanıklı olma özellikleri nedeniyle (15-20 ppt) bu tarz sularda yetiştiriciliği yapılabilecek türler arasında gösterilmektedir (Rairat vd. 2020).

Çok sayıda çalışmada, tuzlu su ortamında yapılan yetiştiriciliğin balıkların gelişim performanslarını etkilediği bildirilmiştir (Alveranga vd., 2018; Rahmah vd., 2020; Singha vd., 2020; Souza vd., 2019; Wu vd. 2021). Aynı zaman da, tatlı su balıklarının belirli bir tuzluluk oranına sahip su ortamında yetiştirilmesiyle, parazit enfeksiyonunun etkili bir şekilde önlenebildiği bildirilmiştir (Wu vd. 2021). Bunun yanında, tuzun nitrit toksisitesini azaltmasından dolayı fingerling tilapya ölümlerinde azalma olabileceği öne sürülmüştür (Alvarenga vd. 2018). Bununla birlikte, dış ortamın tuzluluğu balığın toleransının ötesinde değişiklik gösterirse, büyümenin baskılanabildiği, besin metabolizmasının etkilenebildiği ve hatta ölümlere yol açabildiği bildirilmiştir (Wu vd. 2021).

Tilapyaların, diğer balıklarla, karideslerle ve kerevitlerle polikültür çalışmaları yaygın bir şekilde yapılmaktadır (Hisano vd. 2019; Wang vd. 2016). Filipinler'de, karides çiftliklerinin % 60'ından fazlası tilapya - karides polikültürü olarak yapılmaktadır (Fitzsimmons vd. 2017). Tilapyalar gibi, bazı kerevit türlerinin de (*Procambarus clarkii, Cherax quadricarinatus*) yetiştiriciliği yaygın olarak yapılmaktadır. Kerevitler de üretken olma, düşük su kalitesine tölerans gösterebilme, çeşitli stress faktörlerine dirençli olma ve kontrollü koşullar altında kolaylıkla beslenebilme gibi özelliklere sahiptirler (Hernandez-Vergara vd. 2018).

Kırmızı bataklık kereviti (*Procambarus clarkii*) yıllık 1milyon tona yakın üretimi yapılan yetiştirme ve taşıma koşullarına adapte olabilen, farklı yem kaynaklarından yararlanabilen (yüksek bitkisel protein seviyelerine sahip yemleri tüketebilmesi), yüksek oranda yumurtlama ve hayatta kalma oranlarına (% 75) sahip bir türdür (Eversole ve Mazlum, 2002; Mazlum ve Eversole 2005; FAO 2018). Bu özellikleri-nden dolayı kerevitlerin polikültür ortamındaki yetiştiriciliğine yönelik çalışmalar ivme kazanmıştır (Ponce-Marban vd., 2006; Mazlum ve Eversole, 2004; Gallardo-Colli vd. 2014; Hernandez-Vergara vd. 2018).

Balıklarda hastalık salgınlarına yol açabilecek stress faktörlerini önlemek için yetiştiricilik ortamında optimum su kalitesi sağlanmalıdır. Bu nedenle, tilapya yetiştiriciliğinde, polikültür ve entegre balık yetiştiriciliği gibi çevreye duyarlı yetiştiricilik uygulamaları daha fazla kullanılmaktadır. Kerevitlerle ilgili polikültür çalışmaları genellikle tatlı sular ile sınırlı kalmıştır. Mevcut çalışmada; tuzluluğun ve tilapya larvaları-juvenile kırmızı bataklık kereviti polikültürünün büyüme performansları üzerine etkileri araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Yeri ve Süresi

Bu deneme, İskenderun Teknik Üniversitesi Deniz Ürünleri Üretim Uygulama ve Araştırma Merkezinde (İSTE-DUM) yetiştiricilik ünitesinde 45 gün süreyle yürütülmüştür. Denemede kullanılan tilapyalar İSTE-DUM yetiştiricilik ünitesinden anaçlardan temin edilmiştir. Anaç kerevitler ise İskenderun'da faaliyet gösteren akvaryumculardan temin edilmiştir. Belirli bir süre bakım ve adaptasyon çalışmalarından sonra yavru çıkışları İSTE-DÜM ünitesinde gerçekleştirilmiştir. Tilapya ve kerevit yavruları yaklaşık bir hafta deneme öncesi adaptasyona tabi tutulmuştur.

Çalışmada Kullanılan Canlı Materyaller ve Deneme Dizaynı

Deneme için kullanılan toplam 360 adet tilapya ve 60 adet kırmızı bataklık kereviti tanklara yerleştirilmeden önce tek tek tartılmıştır. Balıkların tanklara dağıtımında ortalama ağırlıklarının mümkün olduğunca homojen olmasına dikkat edilmiştir. Bu çalışmada ortalama ağırlıkları 0.25g ± 0.09 olan tilapya (n = 360) (*Oreochromis niloticus*) ve ortalama ağırlıkları 0.56± 0.04 g olan kerevit (*Procambarus clarkii*) (n = 60) kullanılmıştır. Deneme planı randomize blok dizayna (2x2x3) göre şekillendirilmiş olup, 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemede kullanılan deneme tanklarının genel görünümü Şekil 1'de verilmiştir.

Şekil 1. Deneme Ünitesinin genel görünümü

Çalışmanın yapılacağı tanklara (500 l'lik) dinlendirilmiş tatlı su ve filtre edilmiş deniz suyu doldurulmuştur. Tanklarda eksilen su 1 tonluk dinlendirme tankından alınan tatlı su ve tuzlu su ile tamamlanmıştır. Deneme tanklarına havalandırma amacı ile merkezi havalandırma sistemine bağlı birer adet hava taşı kullanılmıştır. Deneme süresince su kalite parametreleri düzenli olarak ölçülerek her iki tür için optimum seviyelerde tutulmuştur. Balıkların ve kerevitlerin bulunduğu tankların günlük sıcaklık değerleri 26.6 ile 30.10˚C arasında, oksijen değerleri 4.07, ile 5.90 ppm arasında, pH değerleri 6.44- 8.85 arasında ve tuzluluk değerleri 0-12 ppt arasında ölçülmüştür.

Balıkların beslenmesi sabah 9:00 ve akşam 15:00 olmak üzere günde 2 kez doygunluğa ulaşıncaya kadar (*ad libitum*) 800-1200 µ ticari levrek yemi kullanılarak serbest besleme yöntemi ile beslenmişlerdir.

Gelişim performanslarına göre 15. gün sonunda tüm balıkların bireysel ağırlıkları ve her tanka verilen yem miktarı ölçülmüştür. 45 günlük olan deneme periyodunda büyüme performanslarının karşılaştırılması amacıyla örnekleme işlemleri 15'er günlük dönemlerde gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde 0.01 grama duyarlı terazi kullanılmıştır. Her bir muamele grubuna ait balıklar ve kerevitler, tartım işlemi gerçekleştirildikten sonra bulundukları tanklara yeniden yerleştirilmiştir. Su kalite parametrelerinin ölçümünde YSI marka oksijen metre pH metre ve salinometre kullanılmıştır.

Büyüme Performansının Belirlenmesi:

Deneme sonunda canlı ağırlık artışı, spesifik büyüme oranı, yem değerlendirme oranı, yaşama oranı ve toplam biyomas hesaplanmıştır.

$$\text{Yaşama Oranı (YO \%)} = \frac{\text{Ns}}{\text{Nb}} \text{ x } 100$$

Ns= Deneme sonundaki sayı, Nb= Deneme başlangıcındaki sayı

$$\text{Spesifik Büyüme Oranı (SBO \%)} = \frac{\ln \text{BAs} - \ln \text{BAb}}{\text{t}} \text{x}100$$

SBO = Spesifik Büyüme Oranı ln BAs = Deneme sonunda balıkların ulaştıkları ortalama ağırlıkların logaritmasını, ln BAb = Denemede başlangıcındaki balıkların ortalama ağırlıkların logaritmasını, t = ilk ve son ölçüm arasında geçen süreyi (gün) bildirmektedir.

$$\text{Yem Değerlendirme Oranı (YO \%)} = \frac{\text{Harcanan yem miktarı (g)}}{\text{Kazanılan canlı ağırlık (g)}} x100$$

Harcanan Yem Miktarı = Örnekleme günleri arasında geçen süre boyunca harcanan toplam yem miktarı (g)

Canlı Ağırlık Artışı = örnekleme günleri arasında geçen süre boyunca kazanılan canlı ağırlık (g)

İstatistiksel analizler:

Deneme sonunda elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde, SPSS 16.0 Windows paket programı kullanılmıştır. Muamele grupları ortalama arasındaki farklar iki yönlü varyans (two-way–ANOVA) kullanılmıştır. Ortalamalar arasındaki fark LSD çoklu karşılaştırma testi ile $p<0.05$ önem düzeyinde değerlendirilmiştir. Sonuçlar ortalama ± standart sapma (ort. ± SD) şeklinde verilmiştir.

Bulgular

45 gün süren araştırma sonunda, farklı tuzluluğun balıklarda ve kerevitlerde, canlı ağırlık artışı, spesifik büyüme oranı, yem değerlendirme oranı ve toplam biyomas gibi parametreler araştırılmıştır. Deneme periyodunun sonunda gruplar arasında istatistiki olarak önemli bir fark olmadığı gözlenmiştir ($p>0,05$).

Tuzluluğa bağlı olarak yaşama oranları bakımından tilapya-kerevit polikültürü ve tilapya muamele grupları arasında istatistiki olarak bir fark gözlenmezken ($p>0,05$) (Tablo 1), kerevitlerin yaşama oranlarında istatistiksel olarak farklılıklar bulunmuştur ($p<0,05$). Tilapyalar, hem polikültür hemde mono kültürde benzer yaşama oranı ve büyüme performansı göstermiştir. Polikültürdeki canlı ağırlık artışı kerevit ve tilapya için sırasıyla 3,02g ve 7,80 g iken, mono kültürde ise bu değerler sırasıyla 5,83g ve 7,91g olarak bulunmuştur (Tablo 1).

Deneme sonunda en yüksek biyomas miktarı 12 ppt tuzluluktaki tilapya olan grupta 276,61 g olarak elde edilirken, 0 ppt tuzluluktaki tilapya-kerevit grubunda 263,09 g, 12 ppt tuzluluktaki tilapya-kerevit grubunda 249,7 g ve 0 ppt tuzluluktaki tilapya grubunda 249,23g olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Elde edilen biyomas miktarları bakımından, gruplar arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Tablo 1. Farklı tuzlulukta tilapya larvaları ve juvenile kırmızı bataklık kerevitlerinin büyüme performansı

Büyüme parametreleri	Muamele grupları			
	%0 Tuzluluk		%012 Tuzluluk	
	Tilapya	Tilapya&Kerevit	Tilapya	Tilapya&Kerevit
Yem Değerlendirme Oranı	0.97±0.08	1.11±0.10	0.99±0.06	1.03±0.01
Yaşama Oranı	100±0.00	94.44±1.92	96.66±5.77	97.77±1.92
Spesifik Büyüme Oranı	7.91±0.12	7.80±0.27	7.94±0.09	7.81±0.08
Ağırlık Kazancı	8.45±0.12	8.39±0.27	8.87±0.09	8.11±0.08
Biyomas	249.23	263.09	276.61	249.7

Değerler: ortalama±standart sapma

Tablo 2. Farklı tuzlulukta juvenile kırmızı bataklık kerevitlerinin ağırlık artışı ve yaşama oranı

	0 ppt Tuzluluk	12 ppt Tuzluk
Parametre	**Kerevit**	**Kerevit**
Yaşama Oranı(%)	53.33±15.27[a]	13.33±15.27[b]
Ağırlık artışı (g)	5.83±0.74[a]	3.02±2.69[a]

Aynı satırda farklı harflerle işaretlenmiş değerler istatistiki olarak farklıdır (P<0,05). Değerler: ortalama±standart sapma

Tuzluluğa bağlı olarak kerevitlerin yaşama oranlarında istatistiksel olarak farklılıklar bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 2). Buna ilaveten tilapya ve kerevit etkileşiminin de bu süre içerisinde büyüme performansı üzerine etkisinin olmadığı gözlenmiştir($p>0,05$) .

TARTIŞMA ve SONUÇ

Mevcut çalışmada; tuzluluğun ve tilapya larvaları-juvenile kırmızı bataklık kereviti arasında yapılan polikültürün canlı ağırlık artışı, spesifik büyüme oranı, yem değerlendirme oranı, yaşama oranı ve toplam biyomas gibi parametreleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Su sıcaklığı, oksijen ve pH değerleri farklı tuzluluk gruplarında tilapya ve kerevitler için istatistiki olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. Elde edilen değerler hem tilapya hem de kerevitleri büyümesi ve hayatta kalması için önerilen aralık arasında olduğu tespit edilmiştir (El-Sayed, 2006; Mazlum ve Eversole, 2007).

Yapılan bazı çalışmalarda, Nil tilapyası yaklaşık 5-12 ppt'lik tuzlulukta daha iyi büyüme sağlandığını göstermiştir (Fridman vd., 2012; Kamal ve Mair, 2005; Likongwe vd., 1996; Suresh ve Lin, 1992). Mevcut çalışmada ise, 12 ppt tuzluluk tilapya grubunda daha iyi büyüme performansı gözlenmiş olup, aynı zaman en yüksek biyomas miktarıda da yine bu grupta gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada tuzluluğa bağlı olarak yaşama oranları bakımından tilapya-kerevit polikültürü ve tilapya muamele grupları arasında istatistiki olarak bir fark gözlenmemiştir ($p>0,05$). De Alvarenga vd. (2018), tilapya larvaları ile yaptıkları çalışmalarda, 0- 12 ppt tuzluluk oranlarına sahip uygulamada tilapyaların hayatta kalma oranlarını benzer bulmuşlardır. Buna karşılık, 16 ppt'lik tuzlulukta tilapyanın hayatta kalma oranı, 0-12 ppt'lik tuzlulukta yetiştirilen balıklardan önemli ölçüde daha düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışma sonuçlarına göre, Nil tilapyasının büyüme ve hayatta kalma oranları, çalışma süresi boyunca kerevit varlığından etkilenmemiştir. Benzer şekilde kırmızı kıskaçlı kerevitin, tilapyanın büyüme performansını laboratuvar koşullarında (Barki vd., 2001) ve ortak yetiştiricilik tanklarında (Karplus vd., 2001) olumsuz yönde etkilemediğini rapor etmişlerdir.

Barki vd., (2001) yaptıkları çalışmada, tilapya-kerevit polikültürü büyüme yönünden monokültür ile kıyaslandığında daha iyi gelişme gösterdiği, bu durumun tilapyaların muhtemelen kerevitlerin ihtiyacı olan yemi de tükettiğinden kaynakladığını, aynı zamanda olumsuz etkinin büyüklüğü kerevitlere göre balıkların boyutuna

bağlı olduğunu rapor etmişlerdir. Mevcut çalışma verileride, kerevitlerin büyüme yönünden tilapyanın varlığından olumsuz etkilendiğine işaret etmektedir.

Çalışmamızda, kerevitlerin büyümesi ve hayatta kalması üzerine etkinin yegâne sebebinin 12 ppt'lik tuzluluğun kerevitler için yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Zira kerevitlerin yalnız başına hayatta kalması düşük tuzluluklarda daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Önceki polikültür çalışmalarında benzer şekilde Brummett ve Alon (1994) kırmızı kıskaçlı kerevitlerin Nil tilapyasının (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758) büyümesini ve hayatta kalmasını olumsuz etkileyebileceğini gösterirken, Rouse ve Kahn (1998) kerevitin Nil tilapyası ile birlikte yetiştiriciliği nispeten düşük bir büyüme gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu durumun, kırmızı kıskaçlı kerevitlerin düşük saldırganlığıyla ilişkili olduğu ve polikültür ortamında dezavantajlı kıldığını bildirmişlerdir. Davranışsal sonuçların, hem yem rekabetinden hem de alan seçiminden kaynaklandığı veya tilapya ve kerevitlerin gündüz ve gece farklı aktiviteleri açısından bu farklılıkları ortaya çıkabileceğini bildirmişlerdir (Karplus vd., 2001; Mazlum vd., 2017; Hernandez-Vergara vd. 2018).

Avcılardan kaçınmanın bir ölçüsü olarak kerevit, avcıların varlığında hareketini azaltabilir ve barınakta geçirilen zamanı artırabilir, bu da yiyecek arama faaliyetini bozabilir ve büyümeyi olumsuz etkileyebilir (Chivambo vd., 2020).

Sonuç olarak, tilapya-kerevit polikültüründeki tuzluluk oranı 12 ppt seviyesinde tilapya için büyüme parametrelerinde herhangi bir sorun oluşturmazken, kerevitlerin hayatta kalma oranını önemli ölçüde düşürmüştür. Tilapya ve kerevit polikültürü tür performansını etkilemediği göstermiştir. Daha sonra yapılacak çalışmalarda, türler arası davranışsal etkinliklerin ve beslenme alışkanlıkları (gece ve gündüz) hem tilapya balıkları hem de kerevitler için araştırılması önerilmektedir.

Teşekkür

Çalışmanın kurulumundan sonuçlanmasına kadar her türlü imkanı ve desteği sağlayan İskenderun Teknik Üniversitesi Deniz Ürünleri Üretim Uygulama ve Araştırma Merkezine (İSTE-DUM) katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

References

Adel, M., Hossein, A., Dawood, M. A. O., & Karimi, B. (2021). Dietary *Gracilaria persica* mediated the growth performance , fillet colouration , and immune response of Persian sturgeon (*Acipenser persicus*). *Aquaculture*, 530, 735950. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020. 735950

Alvarenga, R. De, Francisco, G., Alves, D. O., Francisco, A., De, E., Reis, G., Marcos, C., & Turra, E. M. (2018). Moderate salinities enhance growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings in the biofloc system. *Aquaculture Research*, 49, 2919–2926.

Barki, A., Gur, N., Karplus, I., (2001). Management of interespecific food competition in fish–crayfish communal culture: the effects of the spatial and temporal separation of feed. *Aquaculture* 201, 343–354.

Bharati, S., Antony, C., Rajagopalasamy, C., Uma, A., Ahilan, B., & Aanand, S. (2019). Functional feed additives used in fish feeds. International Journal of Fisheries and *Aquatic Studies*, 7(3), 44–52.

Brummett, R.E., Alon, N.C., (1994). Polyculture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Australian redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in earthen ponds. *Aquaculture* 122, 47–54.

Chivambo, S., Mussagy, A. and Barki, A. (2020). Assessment of interspecific interactions between the invasive red-claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) and the Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*), *Brazilian Journal of Biology*, 1-10 DOI:10.1590/1519-6984.217868

Dawood, M. A. O., Eweedah, N. M., Khalafalla, M. M., & Khalid, A. (2020). Evaluation of fermented date palm seed meal with Aspergillus oryzae on the growth , digestion capacity and immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Nutrition*, 26, 828–841.

Doan, H. Van, Hossein, S., Quang, T., Lumsangkul, C., Jaturasitha, S., El-Haroun, E., & Paolucci, M. (2020). Fish and Shellfish Immunology Dietary inclusion of chestnut (*Castanea sativa*) polyphenols to Nile tilapia reared in biofloc technology : Impacts on growth , immunity , and disease resistance against *Streptococcus agalactiae*. *Fish and Shellfish Immunology*, 105, 319–326.

El-Sayed, A., 2006. Tilapia culture. CABI publishing, Wallingford, UK.

Eversole, A. Mazlum, Y. (2002). Comparative fecundity of three Procambarus species. *Shellfish Research* 21(1):255-258.

FAO (2018). http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Procambarus_clarkii/en son erişim tarihi 12.12.2020.

Fitzsimmons, K. M., & Shahkar, E. (2017). Tilapia-shrimp polyculture. In P. W. Perschbacher & R. R. Stickney (Eds.), Tilapia in Intensive Co-culture (1st ed., pp. 94–113). John Wiley & Sons, Inc. https://doi.org/10.1002/9781118970652.ch7

Fridman, S., Bron, J., & Rana, K. (2012). Influence of salinity on embryogenesis, survival, growth and oxygen consumption in embryos and yolk-sac larvae of the Nile tilapia. *Aquaculture*. 334-337, 182-190.

Gallardo-Colli, A., Hernández-vergara, M. P., Pérez-rostro, C. I., & Ramírez-Gutiérrez., S. C. (2014). Biculture tilapia / crayfish in aquaponic system Biculture of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and crayfish (*Procambarus acanthophorus*) and production of green corn fodder (*Zea mays*) in an aquaponic system . *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science*, 3(8), 233–244.

Hernandez-Vergara, M. P., Cruz-Ordóñez, S. B., Pérez-Rostro, C. I., & Pérez-Legaspi, I. A. (2018). Polyculture of crayfish (*Procambarus acanthophorus*) and nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) as a strategy for sustainable water use. *Hidrobiologica*, 28(1), 11–15.

Hisano, H., Barbosa, P. T. L., Hayd, L. A. & Mattioli, C. C. (2019). Evaluation of Nile tilapia in monoculture and polyculture with giant freshwater prawn in biofloc technology system and in recirculation aquaculture system. International Aquatic Research, 11(4), 335–346.

Kamal, A. H. M. M., & Mair, G. C. (2005). Salinity tolerance in superior genotypes of tilapia, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus* and their hybrids. *Aquaculture*, 247(1-4), 189-201.

Karplus, I., Harpaz, S., Hulata, G., Segev, R., Barki, A., 2001. Culture of the Australian red-claw crayfish (Cherax quadricarinatus) in Israel VI. Crayfish incorporation into intensive tilapia production units. *The Israeli Journal ofAquaculture-Bamidgeh* 53 (1), 23–33.

Kuebutornye, F. K. A., Abarike, E. D., Sakyi, M. E., Lu, Y., & Wang, Z. (2020). Modulation of nutrient utilization , growth , and immunity of Nile tilapia , *Oreochromis niloticus* : the role of probiotics. *Aquaculture International*, 28, 277–291.

Likongwe, S.J., T.D. Stecko, J.R.Jr. Stauffer and R.F. Carline, (1996). Combined effects of water temperature and salinity on growth and feed utilisation of juvenile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 146, 37-46.

Mazlum, Y. & Eversole, A. G. (2004). Observations on the life cycle of *Procambarus acutus acutus* in South Carolina culture ponds. *Aquaculture*, 238(1-4), 249–261.

Mazlum, Y. & Eversole, A. G. (2005). Growth and survival of *Procambarus acutus acutus* (Girard, 1852) and *P. clarkii* (Girard, 1852) in competitive settings. *Aquaculture Research*, 36(6):537–545.

Mazlum, Y., & Eversole, A. G. (2007). Comparison of the survival, growth and yield of red swamp crayfish and white river crayfish in monoculture and polyculture systems. *Aquaculture International*, 16(4), 345–350. doi:10.1007/s10499-007-914

Mazlum, Y., Guner Gurlek, O., & Sirin, S. (2017). Effect of different substrates on survival and growth of juveniles of the freshwater narrow-clawed crayfish *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 (Decapoda, Astacidae). *Crustaceana*, 90(11-12), 1289–1302.

Ponce-Marban, D., Hernández, J. M., & Gasca-Leyva, E. (2006). Simulating the economic viability of Nile tilapia and Australian redclaw crayfish polyculture in Yucatan, Mexico. *Aquaculture*, 261(1), 151–159.

Rahmah, S., Jung, H., Napi, N., & Aishah, S. (2020). Metabolic cost of acute and chronic salinity response of hybrid red tilapia Oreochromis sp. larvae. *Aquaculture Reports*, 16. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2019.100233

Rairat, T., Thongpiam, W., Hsieh, C., Liu, Y., & Tunkijjanukij, S. (2020). Salinity-dependent pharmacokinetics of fl orfenicol in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and its implication in optimal dosing regimen. *Aquaculture*, 519, 1–8.

Rouse, D.B., Kahn, B.M., 1998. Production of Australian red claw *Cherax quadricarinatus* in polyculture with Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Journal oftheWorld Aquaculture Society* 29 (3), 340–344.

Singha, K. P., Shamna, N., Sahu, N. P., Sardar, P., Harikrishna, V., Thirunavukkarasar, R., Chowdhury, D. K., Maiti, M. K., & Krishna, G. (2020). Optimum dietary crude protein for culture of genetically improved farmed tilapia (GIFT), *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) juveniles in low inland saline water: Effects on growth, metabolism and gene expression. *Animal Feed*

Science And Technology, 8401(20), https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114713.

Souza, R. L. De, Cesar, E., Lima, R. De, Melo, F. P. De, Padilha, M. G. & Correia, E. D. S. (2019). The culture of Nile tilapia at different salinities using a biofloc system *Revista Ciencia Agronomicancia*, 50(2), 267–275.

Suresh, A. V. & Lin, C. K. (1992). Tilapia culture in saline waters: a review. *Aquaculture*, 106(3-4), 201-226.

Wang, M., & Lu, M. (2016). Tilapia polyculture: a global review. *Aquaculture Research*, 47(8), 2363–2374.

Wu, L., Liang, H., Majory, C., Hamunjo, K., Ge, X., & Ji, K. (2021). Culture salinity alters dietary protein requirement, whole body composition and nutrients metabolism related genes expression in juvenile Genetically Improved Farmed Tilapia (GIFT) (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 531. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735961

KORTİKOSTERON VE GLUKOKORTİKOİD RESEPTÖR İNHİBİTÖRÜ MİFEPRİSTONUN EPİLEPTİK SIÇANLARIN NÖBETLER VE ANKSİYETE DÜZEYLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Uzman Biyolog Samet ACAR
İstanbul Üniversitesi

Araş. Gör. Dr. Ayşegül KAPUCU
İstanbul Üniversitesi

Prof. Dr. Kadriye AKGÜN DAR
İstanbul Üniversitesi

ÖZET: Kemirgenlerde var olan doğal Glukokortikoid (GK) kortikosteron (CORT) olarak adlandırılmaktadır. Mifepriston (RU 486)(MİF) bir glukokortikoid reseptör (GR) antagonistidir ve CORT'un hücre içi reseptörüne bağlanmasını önleyerek, etkilerini ortaya koymasını engeller. Epilepsi, kendiliğinden tekrarlayan nöbetlerle karakterize edilen, sinir sistemini etkileyen nörolojik bir bozukluktur. GK'lerin nöronal uyarılabilirlik, epileptik aktivite ve nöbetler üzerindeki etkileri tartışmalıdır. Diğer taraftan epileptik vakaların üçte biri gibi yüksek bir oranında depresyon eşlik eder ve depresyon, epilepsi hastalarının yaşam kalitesini düşüren önemli nedenlerden biridir. Çalışmamızda sıçanlarda bulunan doğal glukokortikoid olan Kortikosteronun ve glukokortikoid reseptör inhibitörü olan Mifepristonun epileptik nöbet parametreleri ile birlikte hayvanların anksiyete düzeylerine etkilerini açıklamayı amaçladık.

Çalışmamızda 66 adet erkek Wistar albino sıçan rastgele her grupta 11 hayvan olacak şekilde Kontrol, DMSO, PTZ, CORT+PTZ, MİF+PTZ, MİF+CORT+PTZ olmak üzere 6 gruba ayrıldı. Kindling epilepsi modelinde nöbetler 30 dakika gözlenerek Racine skalasına göre skorlandı. Kindling süreci sonrasında anksiyeteyi test etmek için Yükseltilmiş Artı Labirent ve Açık Alan Testleri uygulandı.

Kindling PTZ grubunda sıçanların nöbet latansları azalırken, nöbet frekansının ve şiddetinin arttığı görüldü. PTZ ve CORT+PTZ grupları arasında, nöbet latansı, frekansı ve nöbet şiddeti değerleri açısından anlamlı fark görülmedi. MİF+PTZ grubu latans süresinin PTZ grubundan anlamlı olarak daha uzun, nöbetlere ait frekans ve şiddet değerlerinin ise daha düşük olduğu gözlemlendi. Anksiyete testleri sonuçları incelendiğinde MİF+PTZ ve MİF+CORT+PTZ gruplarının anksiyete düzeylerinin hem kontrol grubundan

hem de PTZ ve CORT+PTZ gruplarından daha düşük olduğu görülmüştür. PTZ ile indüklenen kindling epilepsi modelinde, mifepristonun sıçanların nöbet davranışları ve anksiyete düzeyleri üzerine olumlu etkileri söz konusudur.

Anahtar Kelimeler: Epilepsi, Anksiyete, Pentilentetrazol(PTZ), Kortikosteron, Mifepriston

The Effects of Corticosterone and Inhibitor of Glucocorticoid Receptor, Mifepristone, On Seizures and Anxiety Levels of Epileptic Rats

ABSTRACT: The natural glucocorticoid (GC) in rodents is called corticosterone (CORT). Mifepristone (RU 486) (MIF) is a glucocorticoid receptor (GR) antagonist and exerts its effects by preventing CORT to bind to its intracellular receptor. Epilepsy which is characterized by spontaneous recurrent seizures, is a neurological disorder affecting the nervous system. The effects of GCs on neuronal excitability, epileptic activity and seizures are controversial. On the other hand, depression is accompanied by a high rate of one third of epileptic cases, and depression is one of the important reasons that reduce the quality of life of epilepsy patients. In our study, we aimed to explain the effects of natural glucocorticoid CORT and an inhibitor of glucocorticoid receptor, MIF on epileptic seizure behaviors and anxiety levels in animals.

Sixty six male Wistar albino rats were randomly divided into 6 groups (n=11) as Control, DMSO, PTZ, CORT + PTZ, MIF + PTZ, MIF + CORT + PTZ groups. Seizures were observed for 30 minutes in the kindling epilepsy model and scored according to Racine's scale. After the kindling period, the Elevated Plus Maze and Open Area Tests were applied to assess the anxiety level.

The seizure latency decreased in PTZ-kindling group while the frequency and severity of seizures increased. There was no significant difference between PTZ and CORT + PTZ groups in terms of seizure latency, frequency and seizure severity. In MIF+PTZ group, the latency was significantly longer than the PTZ group, and the frequency and severity values of the seizures were lower. According to results of anxiety tests, the anxiety levels of MIF + PTZ and MIF + CORT + PTZ groups were lower than control group, PTZ group and CORT + PTZ group. In PTZ-induced kindling epilepsy model, mifepristone has positive effects on the seizure behavior and anxiety levels of rats.

Keywords: Epilepsy, Anxiety, Pentylenetetrazole (PTZ), Corticosterone, Mifepristone

1. GİRİŞ

Kortizol (hidrokortizon) adrenal korteksten salınan ve adrenokortikotropik hormon (ACTH) tarafından salınımı uyarılan bir hormondur. Glukokortikoid (GK) kavramı doğal bir hormon olan kortizol ve sentezle elde edilen aynı yapıdaki analogları için kullanılmaktadır. Kemirgenlerde var olan doğal GK ise kortikosteron (CORT) olarak adlandırılmaktadır.

GK' ler fizyolojik etkilerini, iki türü bulunan hücre içi reseptörleri aracılığı ile gösterirler. Bunlar glukokortikoid reseptörü (GR) ve mineralokortikoid reseptörü (MR) olarak adlandırılır. MR' ler çok yüksek affinite ile, GR' ler ise daha düşük affinite ile GK' leri bağlar (Reul ve Kloet, 1985: 2505).

Epilepsi, serebral nöronların aşırı deşarjları sonucunda ortaya çıkan, tekrarlayan nöbetler ile tanılanan (Mortazavi vd., 2005: 629), sinir sistemini etkileyen nörolojik bir bozukluktur (Shneker ve Fountain, 2003: 426). GK' ler sinir sistemi üzerindeki etkilerini, hücre içi reseptörlerine bağlanıp nöronal plastisite ve metabolizma ile ilgili genlerin transkripsiyonunu düzenleyerek gerçekleştirirler (Nicolaides vd., 2010: 1).

GK' lerin, antiinflamatuvar etkileri (Garcia-Segura ve Melcangi, 2006: 485; Zhu ve Glaser, 2008: 20), büyüme faktörlerini uyarmaları (Feng vd., 2011: 223) ve immün sistemi baskılayıcı özellikleri (Gayatri vd., 2007) ile sinir sistemi hastalıklarında tedavi edici olabileceği ileri sürülmektedir. Buna karşın GK' lerin epileptik nöbetler üzerinde olumsuz etkileri olduğunu ileri süren çalışmalar da bulunmaktadır. Bir çalışmada, stres veya GK uygulanmasının, hipokampusun CA3 bölgesinde kainik asitin neden olduğu nöronal hücre kaybını şiddetlendirdiği rapor edilmiştir (Stein-Behrens vd., 1994: 5373). Bir başka çalışmada CORT uygulanmasıyla (2,5 mg/kg/1 gün), uyarıcı nörotransmiterler olan glutamat ve aspartatın ekstraselüler konsantrasyonlarının yükseldiği ifade edilmiştir (Venero ve Borrell, 1999: 2465). Bu sonuçlar, düşük doz CORT uygulanmasının (içme suyunda 3 mg/100 ml) sıçanlarda elektriksel amigdala kindling epileptogenezinin hızlanmasına yol açtığı ifade edilen çalışmayla desteklenmektedir (Taher vd., 2005: 1610). Adrenalektomi uygulanan sıçanlarla yapılan bir başka çalışmadan elde edilen sonuçlar da bu verilerle tutarlı görülmektedir (Edwards vd., 1999: 136).

GK' lerin nöbetler üzerindeki çelişkili etkilerini açıklamak amacıyla, GR ve MR antagonistleriyle yapılan çalışmalar da önemli bir yer tutmaktadır. Roberts ve Keith, (1994a: 505), yüksek CORT konsantrasyonlarının farelerde pentilentetrazol (PTZ) veya kainik asit kaynaklı konvülsiyonlara duyarlılığı arttırdığını belirtmektedir. Ayrıca bu artmış duyarlılığın, bir MR antagonisti olan spirinolakton ile bloke

edildiği bilgisi verilmiştir (Roberts ve Keith, 1994a:505; Roberts ve Keith, 1994b: 1087). Başka bir çalışmada CORT' un, kainik asit ile oluşturulan epileptik aktiviteyi artırıcı etkilerinin, bir GR antagonisti MİF ile inhibe edilmesine karşın bir MR antagonisti olan spironolaktonun bu artan epileptik aktiviteyi azaltmadığı bildirilmiştir (Talmi vd., 1995: 97). Kumar ve diğerleri (2007: 834) dişi sıçanlarda oluşturdukları elektriksel amigdala kindling protokolünde düşük doz GK uygulanmasının kindling epileptogenez sürecini hızlandırdığını rapor etmişlerdir. Aynı çalışmada, hem MR hem de GR antagonistlerinin uygulanmasının GK' lere bağlı hızlanan epileptogenezi inhibe ettiği ileri sürülmektedir (Kumar vd., 2007: 834). Wulsin ve diğerleri (2016: 214) bir GR antagonisti olan MİF uygulanmasının (20 mg/kg/7 gün) pilokarpin ile oluşturulan epilepsi modelinde epileptik aktiviteye bağlı beyin hasarını önlediğini ileri sürmektedir. GR kortikosteronun reseptörü olmasının yanında progesteronun da bağlandığı bir reseptör olarak bilinir. Bir çalışmada, sıçanlarda finasterid uygulamasıyla baskılanan progesteronun tetiklediği epileptik nöbetlerin, MİF uygulamasıyla nöbetleri önlediği ve nöbet frekansını azalttığı belirtilmektedir (Joshi vd., 2018: 127).

Epileptik vakalara eşlik eden psikiyatrik bozukluklardan önemli bir oranı anksiyete oluşturmaktadır. Bu bağlamda yapılan deneysel çalışmalar bu ilişkinin aydınlatılmasında önemli bir yere sahiptir. Bir epileptik hayvan modeli olan elektriksel amigdala kindling modeli uygulanan sıçanlarda anksiyete gözlendiği bildirilmiştir (Helfer vd., 1996: 971). Başka bir çalışmada amigdalanın aşırı elektriksel uyarımına bağlı olarak oluşan tekrarlayan nöbetlere, anksiyete artışının eşlik ettiği gösterilmiştir (Kalynchuk, 2000: 691). Spontan absans spike dalga deşarjlarıyla karakterize olan Long-Evans sıçanları kullanılarak yapılan bir çalışmada, spontan spike dalga deşarjları görülme sıklığı yüksek sıçanlarda daha yüksek anksiyetik bulgular elde edilmiştir (Shaw vd., 2009: 382). Genetik olarak epilepsiye yatkın sıçanlar (GEPR-3s), kontrol olarak Sprague-Dawley sıçanlarla karşılaştırıldığı bir çalışmada, yüksek anksiyetik davranışlar göstermiştir (Aguilar vd., 2018: 476). Bir başka genetik epilepsi modeli olan GAERS sıçanlar ile yürütülen bir çalışmada, epileptik sıçanlarda yüksek anksiyete düzeyleri gösterilmektedir (Jones vd., 2008: 254).

Korte ve diğerleri (1995: 385) tarafından yapılan bir çalışmada bir stres kaynağına maruz kaldıktan sonra MR ve GR antagonistleri uygulanan sıçanların anksiyete düzeylerinin azaldığı rapor edilmektedir. Bir başka çalışmada adrenalektomi uygulanmış sıçanlarda, bir CORT agonisti olan deksametazonun uygulanmasıyla artan anksiyetik etkilerin, uygulanan GR ve MR reseptör antagonistleri tarafından azaltıldığı belirtilmektedir (Calvo ve Volosin, 2001: 261). Hafif travmatik beyin hasarlı sıçanlarda yapılan bir çalışmada, sosyal engelleme stresine bağlı oluşan anksiyetenin, GR antagonisti MİF uygulanmasıyla ortadan kaldırıldığı paylaşılmaktadır (Fox vd.,

2016: 362). Lou ve diğerleri (2018: 2529) kronik öngörülmeyen stres modeli ve CORT (40 mg/kg) enjeksiyonu ile artan anksiyetik davranışlara eşlik eden hipokampal glial asidik fibriler protein düzeyindeki azalmanın, MİF (50 mg/kg) uygulamasıyla tersine çevrildiğini belirtmektedir.

Literatür incelendiğinde epileptik hayvanlarda görülen aksiyete üzerinde, glukokortikoidlerin ve glukokortikoid reseptör antagonistlerinin etkilerini açıklayan yeterli çalışma bulunmamaktadır. Biz de proje çalışmamız ile bir deneysel epileptik model olan PTZ kindling sürecinde, kemirgenlerde bulunan doğal glukokortikoid olan CORT ve glukokortikoid reseptör antagonisti MİF' in, birlikte ve ayrı ayrı uygulanmasıyla, epileptik nöbetler ve epileptik sıçanlardaki anksiyete düzeyleri üzerindeki etkilerini görmeyi amaçladık.

2. MATERYAL VE METOD

Proje çalışmamız Bezmialem Vakıf Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulundan alınan izin doğrultusunda Bezmialem Vakıf Üniversitesi Araştırma Merkezinde yapıldı.

Bu çalışmada, 3 aylık yetişkin, ağırlıkları 200-300 gram (g) arasında değişen 66 adet erkek *Wistar albino* sıçan kullanıldı. Hayvanların her biri deney öncesinde ve deney süresince, kontrollü çevresel koşullar altında (12: 12 saat aydınlık/karanlık döngüsü ve 22-24 ^{0}C oda ısısı), plastik kafeslerde tutularak, su ve besin kısıtlamasına gidilmeksizin standart pelet yem ve musluk suyu ile beslendi. Deneylere başlamadan önce tüm gruplara ait hayvanların ağırlıkları ölçüldü, ağırlıkları birbiri ile paralel olacak şekilde, proje çalışmamızda öngörülen 6 grup oluşturuldu. Tüm deneyler sabah 09:00-13:00 saatleri arasında gerçekleştirildi. Hayvan deneyleri, etik kurul başvurusunda belirtilen şekilde gerçekleştirildi. Bu doğrultuda gruplara aşağıda belirtilen işlemler uygulandı.

2.1. Pentilentetrazol Kindling Epilepsi Modeli

PTZ, sinir fibrillerinin tekrarlayan şekilde uyarılmasına yol açan bir ajandır (Eyzaguirre ve Lilienthal, 1949: 272). Düzenli olarak subkonvülsif dozda PTZ uygulanması PTZ-kindling adını almaktadır. PTZ'nin etki mekanizması tam olarak anlaşılamamıştır. Genel olarak pikrotoksinin bağlanma bölgesi olan postsinaptik klor kanalları ile bağlantılı $GABA_A$ reseptörlerine bağlanarak reseptör blokajı yaparak etkili olduğu bilinmektedir. GABA ve diğer inhibitör nörotransmitterlerin etkisini azaltarak nöronların depolarizasyonunu kolaylaştırmaktadır (Racine, 1972a: 269).

2.2. Deney Grupları

1. Kontrol Grubu (KONTROL) (n:11): 25 Gün boyunca her gün 0,5 ml fizyolojik tuzlu su (FTS, % 0.09) intraperitonal (i.p.) enjeksiyonu yapıldı.

2. PTZ Kindling Grubu (PTZ) (n:11): 25 Gün süresince gün aşırı 30 mg/kg PTZ (Pentilentetrazol) / 0,5 ml FTS i.p. enjeksiyonu yapıldı. PTZ enjeksiyonunu takiben gelişen epileptik nöbetler 30 dakika gözlemlendi ve nöbetler Racine'nin skalasına göre skorlandı. PTZ enjeksiyonu yapılmayan günlerde 0,5 ml FTS i.p. enjeksiyonu yapıldı.

3. PTZ Kindling + Kortikosteron Grubu (CORT+PTZ) (n:11): 25 Gün 10 mg/kg kortikosteron / 0,5ml (% 20 Dimetil Sülfoksit (DMSO) + % 80 FTS) subkutan (s.k.) enjeksiyonu yapıldı. Kortikosteron enjeksiyonundan 1 saat sonra gün aşırı 30 mg/kg PTZ / 0,5 ml FTS i.p. enjeksiyonu yapıldı. PTZ enjeksiyonunu takiben gelişen epileptik nöbetler 30 dakika gözlemlendi ve nöbetler Racine'nin skalasına göre skorlandı.

4. PTZ Kindling + Mifepriston Grubu (MİF+PTZ) (n:11): 25 Gün 5 mg/kg mifepriston / 0,5 ml (% 20 DMSO + % 80 FTS) s.k. enjeksiyonu yapıldı. Mifepriston enjeksiyonundan 1 saat sonra gün aşırı 30 mg/kg PTZ / 0,5 ml FTS i.p. enjeksiyonu yapıldı. PTZ enjeksiyonunu takiben gelişen epileptik nöbetler 30 dakika gözlemlendi ve nöbetler Racine'nin skalasına göre skorlandı.

5. PTZ Kindling + Kortikosteron + Mifepriston Grubu (MİF+CORT+PTZ) (n:11): 25 Gün 5 mg/kg mifepriston / 0,5ml (% 20 DMSO + % 80 FTS) s.k. enjeksiyonu yapıldı. Mifepriston enjeksiyonundan 30 dakika sonra 10 mg/kg kortikosteron / 0,5ml (% 20 DMSO + % 80 FTS) s.k. enjeksiyonu yapıldı. Kortikosteron enjeksiyonundan 1 saat sonra, gün aşırı 30 mg/kg PTZ / 0,5 ml FTS i.p. enjeksiyonu yapıldı. PTZ enjeksiyonunu takiben gelişen epileptik nöbetler 30 dakika gözlemlendi ve nöbetler Racine'nin skalasına göre skorlandı.

6. DMSO Kontrol Grubu (DMSO) (n:11): 25 Gün boyunca her gün subkutan 0,5 ml DMSO (% 20 DMSO + % 80 FTS) s.k. enjeksiyonu yapıldı.

2.3. Epileptik Nöbetlerin Değerlendirilmesi

Deney hayvanları, her PTZ enjeksiyonunu takip eden 30 dakika süresince, gözlenerek nöbetler Racine'in (1972b: 281) skalasına göre değerlendirildi. Buna göre:

0. Evre: Cevap yok;

1. Evre: Kulak hareketleri yüzde kısa kasılmalar;

2. Evre: Kısa miyoklonik vücut kasılmaları;.

3. Evre: Miyoklonik kasılmalar, ön ekstremitelerde konvülsiyonlar;

4. Evre: Tonik- klonik nöbetler;

5. Evre: Jeneralize tonik-klonik nöbetler ve postur duruşunun kaybı.

2.4. Yükseltilmiş Artı Labirent Testi

25 gün süren kortikosteron, mifepriston enjeksiyonları ve PTZ Kindling süreci sonrasındaki ilk gün Yükseltilmiş Artı Labirent Testi uygulandı. Bu testte hayvanlar yerden 80cm yükseltilmiş, 120cm-15cm ölçülerinde, iki kolu kapalı iki kolu açık olan, artı şeklinde bir labirentin merkezine yerleştirildi. Hayvanların 5 dakika süresince, bu labirent üzerindeki davranışlarının Ethovision programı ile kamera kaydı alındı.

2.5. Açık Alan Testi

Yükseltilmiş artı labirent testinin yapılmasından 24 saat sonra Açık Alan Testi uygulandı. Bu testte hayvanlar 45cm yüksekliğinde 120cm-120cm ölçülerinde kare şeklindeki bir platforma, tüm hayvanlar aynı noktadan ve yüzleri platformun duvarına bakacak şekilde bırakıldı. Hayvanların bu platform üzerindeki davranışlarının 10 dakika süresince Ethovision programı ile kamera kaydı alındı.

2.6. İstatistiksel Analiz

Çalışmamızda elde edilen veriler Instat İstatistiksel Paket Programı (Instat Graphad Software, San Diago, CA, USA) aracılığı ile analiz edildi. Grupların dağılımının, normal dağılıma uygunluğunun test edilmesini takiben, sonuçlar tek yönlü varyans analizi uygulanarak Bonferroni' nin çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirildi ve analizlerde $p<0.05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

3. BULGULAR

3.1 Epileptik Nöbet Bulguları

Kronik olarak PTZ uygulanan sıçanların nöbet latansları azalırken, nöbet frekansının ve şiddetinin arttığı görüldü (Şekil-1; Şekil-2; Şekil-3). PTZ ve

CORT+PTZ grupları arasında, nöbet latansı, frekansı ve nöbet şiddeti değerleri açısından anlamlı bir farklılığın olmadığı sonucuna ulaşıldı (Şekil-1; Şekil-2; Şekil-3).

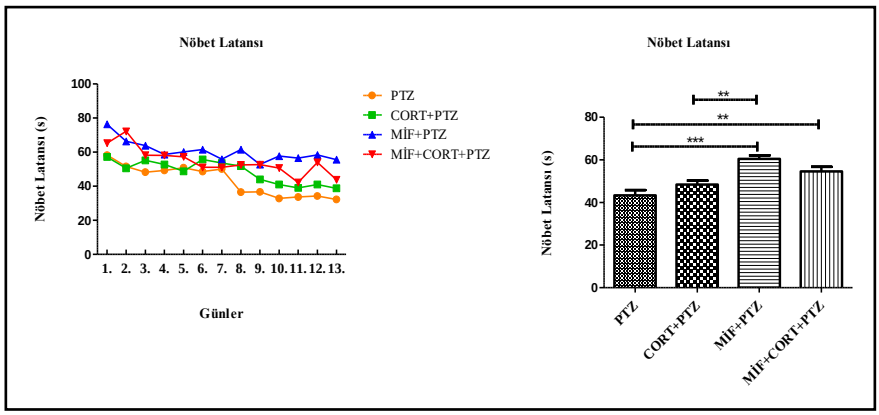
Tüm gruplarla karşılaştırıldığında MİF+PTZ grubu epileptik nöbet latansı değerleri PTZ ($P < 0{,}001$) ve CORT+PTZ ($P < 0{,}01$) gruplarına kıyasla anlamlı olarak daha yüksekti (Şekil-1). Aynı grubun (MİF+PTZ) nöbet frekansı değerlerinin ise PTZ ($P < 0{,}001$), CORT+PTZ ($P < 0{,}001$) ve MİF+CORT+PTZ ($P < 0{,}05$) gruplarından anlamlı olarak daha düşük olduğu görüldü (Şekil-2). Aynı zamanda, MİF+PTZ grubu nöbet şiddeti değerlerinin PTZ ($P< 0{,}001$), CORT+PTZ ($P < 0{,}001$) ve MİF+CORT+PTZ ($P < 0{,}001$) gruplarından anlamlı olarak daha düşük olduğu gözlemlendi (Şekil-3).

PTZ ve MİF+CORT+PTZ grupları karşılaştırıldığında, MİF+CORT+PTZ grubunun nöbet latansı değerlerinin anlamlı olarak ($p<0{,}01$) daha büyük olduğu bulgusu elde edildi (Şekil-1). MİF+CORT+PTZ grubunun 8, 9, 11 ve 13.günlerde nöbet frekansı değerlerinin PTZ grubundan anlamlı olarak daha düşük olduğu görüldü (Şekil-2). MİF+CORT+PTZ grubunun nöbet şiddeti açısından değerlendirildiğinde PTZ grubundan anlamlı olarak farklı olmadığını gözlemledik (Şekil-3).

Epileptik nöbet skorları sonuçları PTZ kindling grubuyla karşılaştırıldığında, CORT+PTZ grubu nöbet skorlarının anlamlı olarak farklı olmadığını, buna karşın MİF+PTZ grubu nöbet değerlerinin daha düşük epileptik nöbet sonuçları içerdiği görülmektedir. Bununla birlikte MİF+CORT+PTZ grubu sonuçlarının ise, CORT+PTZ ve MİF+PTZ grupları arasında epileptik belirtiler gösterdiği anlaşılmaktadır.

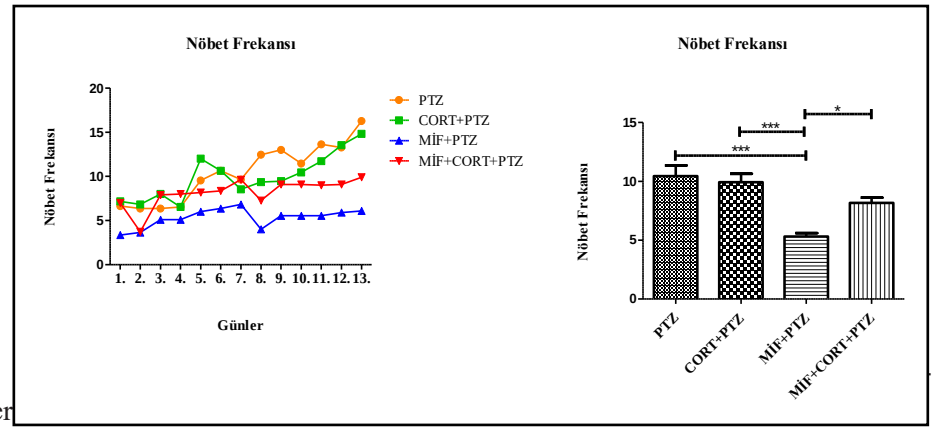
Şekil-1: PTZ-Kindling Model Oluşturulurken Gözlenen Nöbet Latansı Değerleri.

(*), Tüm grupların bir bilerine göre anlamlılık değerlerinin karşılaştırılması. (**) p<0.01; (***) p<0.001.



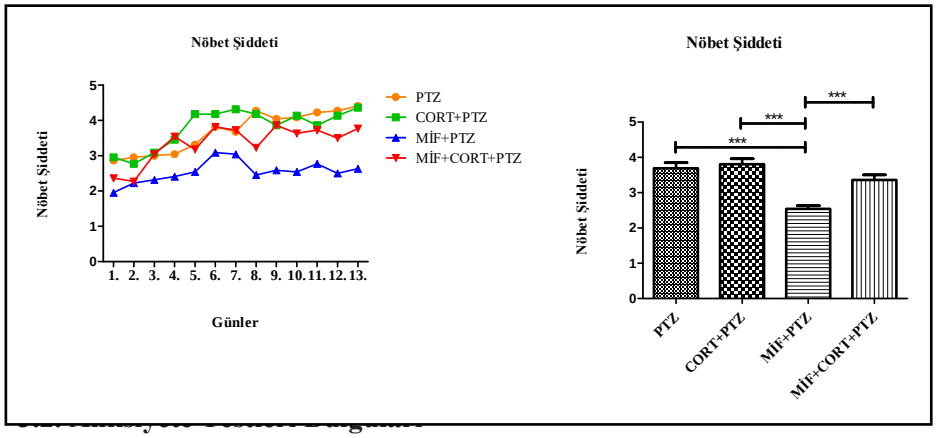
Şekil-2 : PTZ-Kindling Model Oluşturulurken Gözlenen Nöbet Frekansı Değerleri.

(*), Tüm grupların bir bilerine göre anlamlılık değerlerinin karşılaştırılması. (*) p< 0.05; (***) p<0.001.



ğerler

(*), Tüm grupların bir bilerine göre anlamlılık değerlerinin karşılaştırılması. (***) p<0.001.



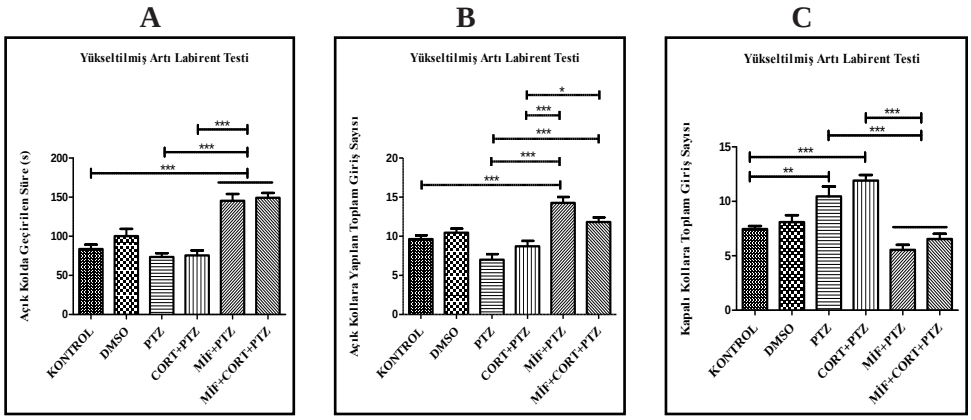
3.2.1. Yükseltilmiş Arı Labirent Testi

Yükseltilmiş artı labirent testinde açık kollarda geçirilen sürenin uzun ve açık kollara yapılan giriş sayısının fazla olması anksiyete düzeyinin düşük olduğunu göstermektedir. Ayrıca kapalı kollara yapılan giriş sayısının fazla olması ve kapalı kollarda geçirilen sürenin uzun olması yüksek anksiyete düzeyi ile ilişkilendirilir. Bu

durumda açık kollarda geçirilen süre, açık kollara yapılan toplam giriş sayısı ve kapalı kollara yapılan giriş sayısı verileri MİF+PTZ ve MİF+CORT+PTZ gruplarının PTZ, CORT+PTZ ve Kontrol gruplarından anlamlı olarak daha düşük anksiyete görüldüğünü ortaya koymaktadır (Şekil-4). Kapalı kollara yapılan giriş sayılarına bakıldığında PTZ ve CORT+PTZ gruplarında, Kontrol grubundan daha yüksek anksiyete düzeyleri olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (Şekil-4).

Şekil-4: Yükseltilmiş Artı Labirent Testi Açık Kollarda Geçirilen Toplam Süre; Açık Kollara Yapılan Toplam Giriş Sayısı; Kapalı Kollara Yapılan Toplam Giriş Sayısı.

(*), Tüm grupların bir bilerine göre anlamlılık değerlerinin karşılaştırılması. (*) $p< 0.05$; (**) $p<0.01$; (***) $p<0.001$.

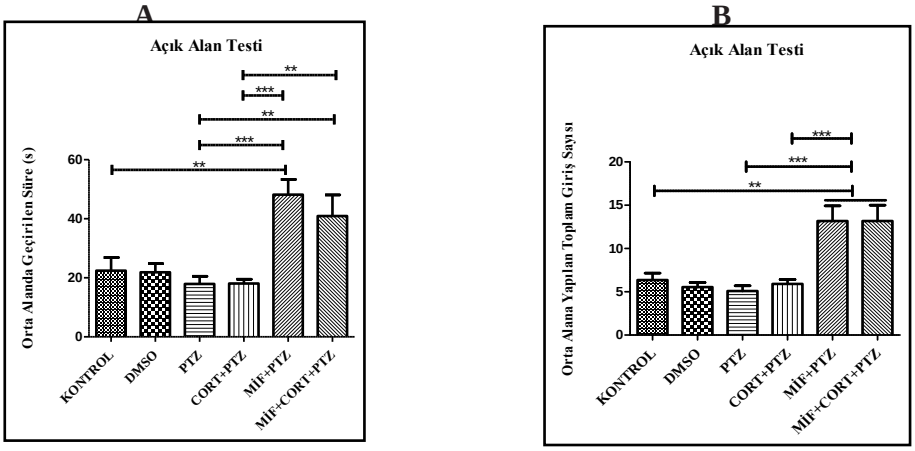


3.2.2. Açık Alan Testi

Açık alan testinde, orta alanda geçirilen sürenin uzun ve orta alana yapılan giriş sayısının fazla olması düşük anksiyete göstergesi olarak kabul edilir. Açık alan testi bulgularımız, Kontrol ve PTZ grupları aralarında anksiyete düzeyleri açısından anlamlı bir farkın olmadığını göstermektedir (Şekil-5). Buna karşın MİF+PTZ ve MİF+CORT+PTZ gruplarında, orta alanda geçirdikleri sürenin uzun ve orta alana yaptıkları giriş sayısının fazla olmasıyla, Kontrol, PTZ ve CORT+PTZ gruplarından anlamlı olarak daha düşük anksiyete görüldüğü sonucuna ulaşıldı (Şekil-5).

Şekil-5: Açık Alan Testi Orta Alanda Geçirilen Süre ve Orta Alana Yapılan Toplam Giriş Sayısı.

(*), Tüm grupların bir bilerine göre anlamlılık değerlerinin karşılaştırılması. (**) p<0.01; (***) p<0.001.



Çalışmamızda PTZ kindling sürecinde uygulanan 10 mg/kg/s.k CORT' un nöbet şiddetlerini, latansını ve frekansını PTZ grubundan anlamlı olarak farklılaştırmadığını gördük. Bu durum uygulama dozuna bağlı olarak epileptik nöbetler üzerindeki etkileri tartışmalı olan (Stein-Behrens vd., 1994: 5373; Roberts ve Keith, 1994a: 505; Venero ve Borrell, 1999: 2465; Taher vd., 2005: 1610) CORT' un bizim uyguladığımız 10 mg/kg/i.p dozunun nöbetleri alevlendirmediği ancak tedavi de etmediğini ortaya koymaktadır.

Buna karşın bir GR antagonisti olan 5 mg/kg/s.k MİF ile anlamlı olarak epileptik nöbet şiddeti ve frekansı değerlerinin düştüğünü ve nöbet latansının uzadığını gördük. Bir GR antagonisti olan MİF' in, CORT' un hücre içi sinyal oluşumunu engelleyerek, epileptik nöbetleri şiddetlendiren etkilerini büyük ölçüde ortadan kaldırdığını ve nöbet sonrasındaki toparlanma süresini oldukça kısalttığını gözlemledik (Şekil-1, Şekil-2, Şekil-3). Çalışmamızda elde ettiğimiz, MİF' in epileptik nöbetler üzerindeki sonuçları, literatür çalışmalarıyla da örtüşmektedir (Talmi vd., 1995: 97; Kumar vd., 2007: 834; Wulsin vd., 2016: 214).

Çalışmamızda yer alan yükseltilmiş artı labirent testinde, MİF+PTZ ve MİF+CORT+PTZ gruplarının Kontrol, PTZ ve CORT+PTZ gruplarından anlamlı olarak daha uzun süre açık kollarda zaman geçirdiklerini (Şekil-4A) ve daha fazla sayıda açık kollara giriş yaptıklarını (Şekil-4B) gözlemledik. Kapalı kollara yapılan

giriş sayılarına bakıldığında PTZ ve CORT+PTZ gruplarının, Kontrol, MİF+PTZ ve MİF+CORT+PTZ gruplarından daha çok giriş yaptığı görüldü (Şekil-4C). Bu sonuçlar incelendiğinde PTZ ve CORT+PTZ gruplarının hem kontrol grubundan hem de MİF+PTZ ve MİF+CORT+PTZ gruplarından daha yüksek anksiyete düzeylerine sahip olduğu görülmektedir. Çalışmamız literatürde belirtilen, CORT' un anksiyete üzerindeki etkilerini destekler niteliktedir (Helfer vd., 1996: 971; Kalynchuk, 2000: 691; Shaw vd., 2009: 382).

Açık alan testi sonuçlarımız, yükseltilmiş artı labirent testi verilerini doğrular niteliktedir. MİF+PTZ ve MİF+CORT+PTZ gruplarının Kontrol, PTZ ve CORT+PTZ gruplarından anlamlı olarak daha uzun süre orta alanda zaman geçirdiklerini (Şekil-5A) ve orta alana giriş sayısı açısından bakıldığında, bu verileri destekler nitelikte olduğunu(Şekil-5B) söyleyebiliriz. Bu sonuçlar bize MİF' in anksiyete düzeylerini azaltıcı etkilerinin belirtildiği çalışmalarla (Korte vd., 1995: 385; Calvo ve Volosin, 2001: 261; Fox vd., 2016: 362; Lou vd., 2018: 2529) uyumlu olarak, epileptik sıçanlarda, epilepsiye eşlik eden anksiyete düzeylerine de aynı şekilde tedavi edici olduğunu düşündürmektedir. Bu durum çalışmamızın en özgün değerini oluşturmaktadır.

Epilepsi ve glukokortikoidlerin ilişkisini açıklamak için yapılan araştırmalar, epileptik insanların hayatlarını kolaylaştırmak adına yapılan önemli çalışmalardır. Stres durumunda adrenal korteksten salınan glukokortikoidlerin epileptik nöbetleri nasıl etkilediğinin öğrenilmesi, epilepsi hastalarının, yaşantılarını düzenlemede yol gösterici olacaktır. Epileptik vakaların büyük bir bölümünün ilaca dirençli olması da yeni alternatif ilaç önerilerini hayati kılmaktadır. Epilepsiye eşlik eden anksiyete ve depresyon, epileptik hastaların klinik tablolarını güçleştirmekte ve yaşam kalitelerini daha da aşağı çekmektedir. Bu açılardan bakıldığında çalışmamız, MİF' in epileptik nöbetler üzerindeki tedavi edici etkileriyle öne çıkmaktadır. Ayrıca sadece anksiyete üzerindeki etkileri araştırılmış olan MİF' in, epilepsiye eşlik eden anksiyete üzerinde de olumlu etkileri olduğu, çalışmamız sonuçlarıyla ortaya konulmuştur.

5. TEŞEKKÜRLER

Çalışmamız İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 32599 proje numarasıyla, Doktora Tez Projesi olarak desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

Aguilar, B. L., Malkova, L., N'Gouemo, P., & Forcelli, P. A. (2018). Genetically Epilepsy-Prone Rats Display Anxiety-Like Behaviors and Neuropsychiatric Comorbidities of Epilepsy. *Frontiers in neurology*, *9*, 476. https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00476

Calvo, N., & Volosin, M. (2001). Glucocorticoid and mineralocorticoid receptors are involved in the facilitation of anxiety-like response induced by restraint. *Neuroendocrinology*, *73*(4), 261–271. https://doi.org/10.1159/000054643

Desai S.D., Shukla G., Goyal V. ve diğ. (2010). Study of DSM-IV Axis I psychiatric disorders in patients with refractory complex partial seizures using a short structured clinical interview. Epilepsy Behav 19:301-5.

Duffy J.D. (1998). The shifting paradigm of epilepsy. Psychiatric Comorbidity in Epilepsy, McConnell HW, Snyder PJ (Ed), Washington, DC: American Psychiatric Press Inc, 1998:1-14

Edwards, H. E., Burnham, W. M., Mendonca, A., Bowlby, D. A., & MacLusky, N. J. (1999). Steroid hormones affect limbic afterdischarge thresholds and kindling rates in adult female rats. *Brain research*, *838*(1-2), 136–150. https://doi.org/10.1016/s0006-8993(99)01619-4

Eyzaguirre, C., Lilienthal, J.L. (1949). Veratric Effects of Pentamethylenetetrazol(metrazol) and 2,2-bis(p-chlorophenyl) 1, 1, 1 trichloroethane (DDT) on Mammalian Neuromuscular Function, *Proc.Soc.Exp.Biol.Med.*, 70: 272.

Feng, Y., Rhodes, P.G., and Bhatt, A.J. (2011). Dexamethasone pretreatment protects brain against hypoxic-ischemic injury partially through up-regulation of vascular endothelial growth factor A in neonatal rats, *Neuroscience*, 179: 223–232. doi:10.1016/j. neuroscience.2011.01.050. PMID:21277350.

Fox, L. C., Davies, D. R., Scholl, J. L., Watt, M. J., & Forster, G. L. (2016). Differential effects of glucocorticoid and mineralocorticoid antagonism on anxiety behavior in mild traumatic brain injury. *Behavioural brain research*, *312*, 362–365. https://doi.org/10.1016/j.bbr.2016.06.048

Galtrey, C.M., Mula, M., Cock, H.R., 2016, Stress and epilepsy: fact or fiction, and what can we do about it? *Pract. Neurol*, http://dx.doi.org/10.1136/practneurol-2015-001337.

Garcia-Segura, L. M., & Melcangi, R. C. (2006). Steroids and glial cell function. *Glia*, *54*(6), 485–498. https://doi.org/10.1002/glia.20404

Gayatri, N. A., Ferrie, C. D., & Cross, H. (2007). Corticosteroids including ACTH for childhood epilepsy other than epileptic spasms. *The Cochrane database of systematic reviews*, (1), CD005222. https://doi.org/10.1002/14651858.CD005222.pub2

Helfer, V., Deransart, C., Marescaux, C., & Depaulis, A. (1996). Amygdala kindling in the rat: anxiogenic-like consequences. *Neuroscience*, *73*(4), 971–978. https://doi.org/10.1016/0306-4522(96)00081-4

Jones, N. C., Salzberg, M. R., Kumar, G., Couper, A., Morris, M. J., & O'Brien, T. J. (2008). Elevated anxiety and depressive-like behavior in a rat model of genetic generalized epilepsy suggesting common causation. *Experimental neurology*, *209*(1), 254–260. https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2007.09.026

Joshi, S., Sun, H., Rajasekaran, K., Williamson, J., Perez-Reyes, E., & Kapur, J. (2018). A novel therapeutic approach for treatment of catamenial epilepsy. *Neurobiology of disease*, *111*, 127–137. https://doi.org/10.1016/j.nbd.2017.12.009

Kalynchuk L. E. (2000). Long-term amygdala kindling in rats as a model for the study of interictal emotionality in temporal lobe epilepsy. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, *24*(7), 691–704. https://doi.org/10.1016/s0149-7634(00)00031-2

Karst, H., de Kloet,E.R., Joëls M., (1999). Episodic corticosterone treatment accelerates kindling epileptogenesis and triggers long-term changes in hippocampal CA1 cells, in the fully kindled state, *European Journal of Neuroscience*, Vol. 11, pp. 889–898.

Korte, S. M., de Boer, S. F., de Kloet, E. R., & Bohus, B. (1995). Anxiolytic-like effects of selective mineralocorticoid and glucocorticoid antagonists on fear-enhanced behavior in the elevated plus-maze. *Psychoneuroendocrinology*, *20*(4), 385–394. https://doi.org/10.1016/0306-4530(94)00069-7

Kumar, G., Couper, A., O'Brien, T. J., Salzberg, M. R., Jones, N. C., Rees, S. M., & Morris, M. J. (2007). The acceleration of amygdala kindling epileptogenesis by chronic low-dose corticosterone involves both mineralocorticoid and glucocorticoid receptors. *Psychoneuroendocrinology*, *32*(7), 834–842. https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2007.05.011

Linehan C., Berg A.T. (2015). Epidemiologic aspects of epilepsy. Wyllie's treatment of epilepsy: principles and practice. sixth edition. Wolters Kluwer Health; 2015.

Lou, Y. X., Li, J., Wang, Z. Z., Xia, C. Y., & Chen, N. H. (2018). Glucocorticoid receptor activation induces decrease of hippocampal astrocyte number in rats. *Psychopharmacology*, *235*(9), 2529–2540. https://doi.org/10.1007/s00213-018-4936-2

Mortazavi, F., Ericson, M., Story, D., Hulce, V. D., & Dunbar, G. L. (2005). Spatial learning deficits and emotional impairments in pentylenetetrazole-kindled rats. *Epilepsy & behavior : E&B*, *7*(4), 629–638. https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2005.08.019

Nicolaides, N. C., Galata, Z., Kino, T., Chrousos, G. P., & Charmandari, E. (2010). The human glucocorticoid receptor: molecular basis of biologic function. *Steroids*, *75*(1), 1–12. https://doi.org/10.1016/j.steroids.2009.09.002

Phabphal K., Sattawatcharawanich S., Sathirapunya P .ve diğ. (2007). Anxiety and depression in Thai epileptic patients. J Med Assoc Thai 90:2010-5.

Racine R.J. (1972a). Modification of seizure activity by electrical stimulation. I. Afterdischarge threshold, *Electroencephalogr and Clin Neurophysiol*, 32:269-279.

Racine, R.J. (1972b). Modification of seizure activity by electrical stimulation. II. Motor seizure, *Electroencephalogr and Clin Neurophysiol*, 32:281-284.

Reul, J.M.H.M., de Kloet, E.R. (1985). Two receptor systems for corticosterone in rat brain: microdistribution and differential occupation, *Endocrinology*; 117: 2505–2511.

Roberts, A. J., & Keith, L. D. (1994a). Mineralocorticoid receptors mediate the enhancing effects of corticosterone on convulsion susceptibility in mice. *The Journal of pharmacology and experimental therapeutics*, *270*(2), 505–511.

Roberts, A. J., & Keith, L. D. (1994b). Sensitivity of the circadian rhythm of kainic acid-induced convulsion susceptibility to manipulations of corticosterone levels and mineralocorticoid receptor binding. *Neuropharmacology*, *33*(9), 1087–1093. https://doi.org/10.1016/0028-3908(94)90147-3

Shaw, F. Z., Chuang, S. H., Shieh, K. R., & Wang, Y. J. (2009). Depression- and anxiety-like behaviors of a rat model with absence epileptic discharges. *Neuroscience*, *160*(2), 382–393. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2009.02.053

Shneker, B.F., Fountain, N.B. (2003). Epilepsy, *Dis. Mon.*, 49, 426–478

Stein-Behrens, B., Mattson, M. P., Chang, I., Yeh, M., & Sapolsky, R. (1994). Stress exacerbates neuron loss and cytoskeletal pathology in the hippocampus. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, *14*(9), 5373–5380. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.14-09-05373.1994

Taher, T. R., Salzberg, M., Morris, M. J., Rees, S., & O'Brien, T. J. (2005). Chronic low-dose corticosterone supplementation enhances acquired epileptogenesis in the rat amygdala kindling model of TLE. *Neuropsychopharmacology : official publication of the American College of Neuropsychopharmacology*, *30*(9), 1610–1616. https://doi.org/10.1038/sj.npp.1300709

Talmi, M., Carlier, E., Bengelloun, W., & Soumireu-Mourat, B. (1995). Synergistic action of corticosterone on kainic acid-induced electrophysiological alterations in the hippocampus. *Brain research*, *704*(1), 97–102. https://doi.org/10.1016/0006-8993(95)01123-4

Venero, C., Borrell, J. (1999). Rapid glucocorticoid effects on excitatory amino acid levels in the hippocampus: a microdialysis study in freely moving rats. Eur. J. Neurosci. 11, 2465–2473, *Brain research*, 1554(2014)67–72.

Wulsin, A. C., Herman, J. P., & Danzer, S. C. (2016). RU486 Mitigates Hippocampal Pathology Following Status Epilepticus. *Frontiers in neurology*, *7*, 214. https://doi.org/10.3389/fneur.2016.00214

Zhu, T. S., & Glaser, M. (2008). Neuroprotection and enhancement of remyelination by estradiol and dexamethasone in cocultures of rat DRG neurons and Schwann cells. *Brain research*, *1206*, 20–32. https://doi.org/10.1016/j.brainres.2008.02.051

DEVELOPMENT OF SILANE BASED SOL-GEL CONVERSION COATINGS ON METAL SURFACES FOR IMPROVEMENT OF CORROSION RESISTANCE

Buket SEVİL
Ege Üniversity

Asst. Prof. Dr. Nilay GİZLİ
Ege University

ABSTRACT: In this study, it is aimed to develop a chromate-free, environmentally friendly and industrially practicable conversion coating process to enhance the corrosion resistance of galvanized steel and aluminum surfaces. In accordance with this purpose, the silane based film coating containing various organic-inorganic hybrid silane sources were developed on metal surface by following sol-gel method. Then a melamine-based primer and topcoat were also applied to sol-gel coated surfaces. The effect of the pH and silane content on the film forming properties were investigated. The performance of prepared organic-inorganic hybrid silane sol-gel coatings were compared with traditional chromate based pretreatments. Metal-paint adhesion performances of coated samples were examined was by mechanical tests such as impact, tensile and t-bending tests. On the other hand, corrosion evaluations were carried out in the salt spray and condensing humidity chambers. As a result of these tests, it can be concluded that the surfaces which were hydrolyzed for 24 hours and containing 4 v% organic-inorganic hybrid silane precursors hyrrolized at pH 3 for 24 h, exhibited competitive performance with conventional pretreatments.

Keywords: sol-gel, silane coating, corrosion protection, pretreatment.

Metal Yüzeylerin Korozyon Direncini İyileştirmek İçin Silika Temelli Sol-Jel Dönüşüm Kaplamalarının Geliştirilmesi

ÖZET: Bu çalışma ile, galvanizli çelik ve alüminyum yüzeylerin korozyon direncini arttıracak kromat içermeyen, yenilikçi, çevre dostu ve endüstriyel olarak kolay uygulanabilir bir kaplamanın geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda hibrid organic-inorganic üç farklı silan kaynağı içeren kaplama metal yüzeyinde sol-jel yöntemi izlenerek oluşturulmuştur. Ardından metal yüzeylere melamin bazlı bir astar ve son kat boya uygulamaları yapılmıştır. Ayrıca, hem fosfat içeren hem de ticari sol-jel ön işlem malzemeleriyle

kaplanan metal yüzeyler mevcut çalışmamızla kıyaslı olarak değerlendirilmiştir. Silan sol-jel ön işlem kaplama hazırlanırken değişik hacimlerde kullanılan silan kaynakları ve pH parametre olarak seçilmiştir. Metal boyasının kaplama üzerine yapışma kuvvetini değerlendirmek için metal boyama sektöründe kabul gören testlerden darbe, çekme ve t-bükme testleri, korozyon direnci için ise nem direnci ve tuzlu sis testleri yapılmıştır. Yapılan bir dizi denemeler sonucunda pH değeri 3 olan, 24 saat hidroliz edilmiş ve hacimce %4 organic-ionorganic hibrid silan kaynağı içeren dönüşüm kaplaması uygulanmış yüzeylerin, geleneksel ön işlemlerle yarışır performans sergilediği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: sol-jel, dönüşüm kaplama, korozyon koruma, ön işlem

1. INTRODUCTION

Conversion coatings are one of the most common ways to improve corrosion resistance of metallic surfaces (Bierwagen, 1998; Hughes, 2018). The conversion coating on metal facilitates has three fundamental purposes. First to provide corrosion protection to the bare metal, second to constitute both powerful chemical and physical bonds to the surface and hampers delamination of the coating framework, third to procure adhesion to the ensuing primer or the topcoat (Petrunin et al., 2005). Phosphate and chromate based coatings are the traditional chemical conversion coatings applied on metal substrates to provide corrosion resistance. However, hexavalent chromium is carcinogenic and has adverse health and environmental effect because of its high toxic characteristics. For this reason, there is a continuous effort to find an environmentally friendly alternative which exhibits durable corrosion protection, as well (Figueira, 2020, Hughes 2018). Silane based sol-gel coatings are demonstrated as good candidates with regards to performance, safety and ease of application in many studies (Braga et al., 2019; Braga et al., 2020; Hernandez-Barrios et al., 2020; Zandi Zand et al., 2011; Van Ooij et al., 2005). Organosilanes are also known as eco-friendly organic-inorganic hybrids that can serve a variety of industries as pretreatments and topcoats with unique physical and chemical properties that not only hamper debonding at the interface, but also advance bond endurance (Ozel and Cimenoğlu, 2016). Depending on the functional group of silica precursors, silane based coating can act as bridges between incompatible material such as metal surface and organic top coat. Moreover, organiclally functionalized silanes combine both the advantages of organic polymers (impact resistance, flexibility) and properties of inorganic materials such as mechanical strength and thermal resistance (Figueria at al., 2014). The performance of sol–gel films are highly depending on the formation of a

strict, powerful coating free from defects such as inadequate adhesion, porosity, inhomogeneities, unreacted alkoxy groups, as well (Van Ooij et al, 2005). Many process parameters such as type and ratio of silica precursors, pH of media, drying route strongly effect the film formation and final protective characteristics.

In this study, effect of sol pH, volume ratio silane sources as well as silane precursors type on preservative performance of silane sol-gel coating have been investigated. Coatings were applied on both galvanized steel and aluminum alloys. Melamine-based primer and topcoat were also applied to sol-gel coated surfaces, subsequently. Adhesion and mechanical properties of prepared coatings were examined by a great variety of tests such as inverse impact, deep cupping, tensile and t-bending tests. On the other hand, corrosion evaluations were carried out in the condensing humidity and salt spray chambers. The physical protection effect of the sol-gel coating developed was examined by comparing the corrosion studies with the painted surfaces and traditional pre-treated surfaces.

2. MATERIALS AND METHOD

2.1 Sol-gel Conversion Coating Preparation and Application

Prior to silane coating application, hot dip galvanized steel (HDG) and aluminum sheets (A3003) were cut to pieces of 15x25 cm, degreased with propyl alcohol gently and then dipped in commercial alkaline solution. Both substrates were then rinsed with distilled water and left to dry for at least one hour. The activation of the surface chemically and the generation of hydroxyl groups with a high intensity surface on the metal surface can be accomplished by this alkaline etching treatment process. The three silane precursors, γ-GPS, TEOS and APTES purchased from Evonik, were employed without extra purification. The silane mixture including an equal volume percentage of three components was dissolved in DI water and stirred using a magnetic stirrer for 24 h at room temperature to perform hydrolysis reaction. In order to assess the impact of sol pH on the formation and performance of the final coating, the values of pH for silane treatment solutions in the hydrolyzation step were adjusted to three different pHs including 3, 3.5 and 4 using hydrochloric acid. It is also aimed to examine the effect of silane precursors content on film formation properties. Sol-gel solutions having the various silane content within the range of 2 % to 13.4 % (by volume) were examined. Prepared silane solutions were applied on the alkaline treated AA3003 and HDG samples with the help of an automatic applicator. A heat treatment in an oven was followed, following the application of the mixture on the metal surfaces. The silane layer curing conditions were fixed at 150 °C for 30 min.

2.2 Application of Primer and Topcoat Paints

After the implementation of sol-gel coatings on the metal substrates, melamine-based primer and topcoat paint were employed in order to simulate the practical usage in industrial applications. Melamine based primer was applied on the pretreated surfaces using bar applicator (5-7 µm thickness). After that, aluminum and galvanized samples were cured at the temperature of 224 °C during 11 and 27 seconds respectively. Subsequently, polyester topcoat was implemented to ready-primed surfaces using bar applicator which was creating 20 µm thickness. Aluminum species were cured for 15 seconds at 232 °C while galvanized for 37 seconds at the same temperature.

2.3 Mechanical and Corrosion Tests

The flexibilty and adhesion properties of the paint film was examined by T-Bending Test Deep cupping and Reverse İmpact Stregnht Test following the standarts of EN 13523-7, EN 13523-6, EN 13523-5, respectively.The corrosion resistance of the coated surfaces were eamined by exposure tests. Salt spray tests were applied for periods of 250, 500, 750 and 1000 hours by following EN 13523-8 standards.

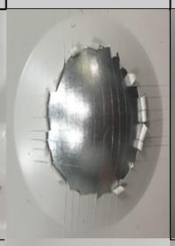
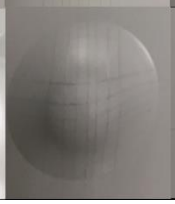
3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Effect of Silane Content on Film Forming Properties

Silane sols having three different volume percentages of precursor mixture (13.4 %, 10.2 % and 4 % by volume) were subjected to sol-gel reactions and applied on metal surfaces in order to investigate the effect of silane content on the film forming properties . During the preparation of the silane solutions, the pH value was kept constant at 4 and adhesion properties of these surfaces were determined by reverse impact and deep cupping tests. Visual observations of substrates after test were given in Table 1.

As stated Table1, higher volume percentage of silane components lead to a deterioration on the film. Among these three studies (C7, C10 and C28), it is possible to say that sample containing the lower volume percentage of silane precursor exhibited better mechanical properties. Further studies were conducted with 4v% of silane precursor mixture

Table 1. Visual Observations of HDG and Al Samples After Reverse Impact and Deep Cupping Tests - Effect of Silane Content on Film Forming Propertie

Sample Name	Volume %	*Reverse Impact Test		Deep Cupping Test	
		HDG	*Al*	*HDG*	*Al*
C7	**13.4 %**				
C10	**10.2%**				
C28	**4%**				

γ-GPS:TEOS: APTES: 1:1:1; **Curing Condition:** 150 °C ,30 min; **Hydrolysis Time:** 24h

*****Volume percentage of total silane precursors

3.2 Effect of pH of Silane Solution on the Film Forming Properties

pH of the sol is the key parameter that strongly effects the rate of hydrolyzation and condensation reactions in sol-gel conversion and plays an important role in obtaining the final structure of the coating. Therefore, to specify the pH value of the sol which promotes the sol-gel reactions has a crucial importance. In this part of the study, it is aimed to enhance the performances of panels by tuning the pH of the sol while keeping the volume percent of silane source constant.-Reverse impact and deep

cupping tests were carried out by panels coated with sol-gel conversion coating prepared at three different pHs (3, 3.5 and 4) to examine the effect of pH on film forming properties. Adhesion performances of both aluminum and hot dip galvanized substrates were evaluated and given in Table 2. According to visual observations of both panels after exposure the tests, it can be concluded that all panels exhibited fairly good adhesion properties in the selected pH range. Almost no crack formation was observed on the surface of C22. Although some micro cracks appeared on the surface of C27 and C28 samples, all samples were subjected to further boiling test which is a more challenging mechanical test compared to both reverse impact and deep cupping tests. In the light of the boiling test results, sample C22 (pH:3, silane content 4v.%) especially aluminum substrates exhibited a great achievement, while reasonable performances were observed with galvanized steel surfaces.

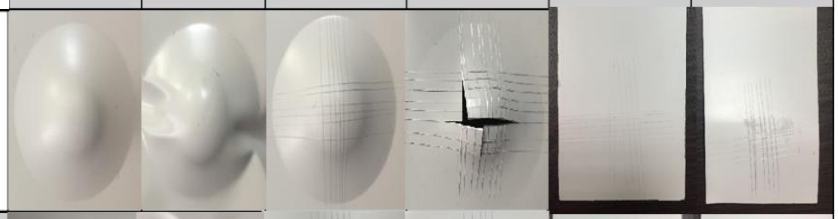
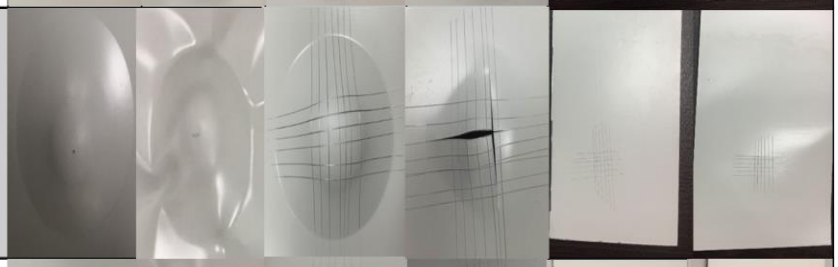
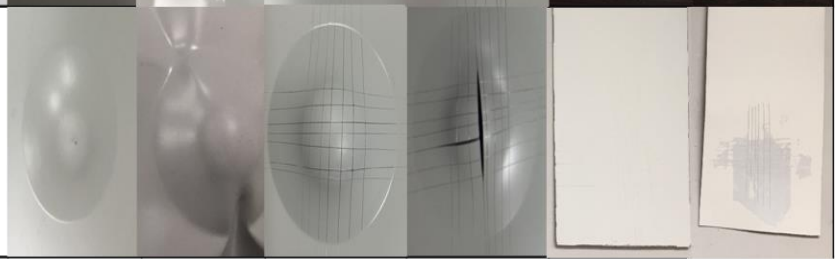
Table 2. Visual Observations of Al and HDG Samples From Reverse Impact and Deep Cupping Tests -Effect of pH on the Film Forming Properties

Sample Name	pH	Reverse Impact Test		Deep Cupping Test		Boiling Test	
		HDG	*Al*	*HDG*	*Al*	*HDG*	*Al*
C22	3						
C27	3.5						
C28	4						

γ-GPS:TEOS: APTES: 1:1:1 ; **Curing Condition:** 150 °C–30 min; **Hydrolysis Time:** 24h

Finally, it can be concluded that both Al and HDG surface with pretreated 4 v.% of silane at pH of 3 (C22), exhibited superior adhesion performance and can be evaluated as the promising candidate among others. Consequently, sol-gel pretreatment process developed in current was then compared with commercially available silane sol-gel pre-treated surfaces (C.S), and traditionally chromated pre-treated surfaces (P.S). Adhesion test results are tabulated on Table 3. As depicted from table, sol-gel pre-treated samples (C22) exhibited competitive performance.

Table 3. Visual Observations from Reverse Impact and Deep Cupping Tests of Al and HDG samples- Comparion the Performance of Sol-gel Conversion Coating with Commercial Coatings

Study Name	Reverse Impact Test		Deep Cupping Test		Boiling Test	
	HDG	Al	HDG	Al	HDG	Al
C22						
C.P.S						
C29						

T-Bending tests were also applied to measure the flexibility and resistance to cracking on bending and adhesion properties of the paint film under bending in accordance with EN 13523-7. In the evaluation of results T-bending value gives the degree of flexibility as it goes 0T to 2.5T, flexibility decreases and crack formation occurs. The results of T-bending test of samples were tabulated on Table 4.

Table 4. T-bending Test Results.

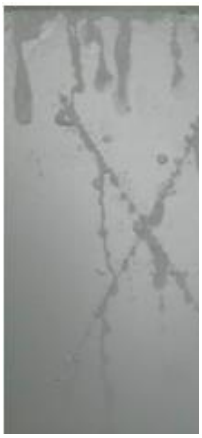
T-Bending	Al	HDG
C22	1 T	1.5 T
P.S	1.5 T	1.5 T
S.S	1T	2T

According to the test result given above, this t-bending test result agrees with the mechanical test results of all samples. Among them, sample C22 (4 v.% and pH=3) on both aluminium and galvanized surfaces presented good performance.

3.2 Salt Spray Test

The sol-gel pre-treated surfaces which exhibited promising performance in previously applied adhesion tests, were subjected to salt spray tests in order to evaluate the corrosion resistance behaviours. Additionally, commercially pretreated panels (C29) and conventional chromate treated panels (CPS) were also subjected to the same tests in order to compare the performance of currently developed silane pretreatment processes. Salt spray tests were applied for periods of 250, 500, 750 and 1000 hours by following EN 13523-8 standards. Images of HDG and Al surfaces subjected to very severe corrosion media as 1000 hours of salt spray, are given in Figure 5.

Table 5. Images of HDG-and Al Surfaces After Exposure 1000h of Salt Spray Test.

	C22	S.S.	P.S
HDG			
Al			

In order to evaluate salt spray test results in terms of blister formations, 2 edges of the panels were taped and the properties of the coatings were interpreted considering open edges, cross-cut and panel. Blisters, formed during the exposure tests both salt spray and humidity tests, are categorized as their size like 2,4,6,8 and blister size decreases gradually 2 to 8. They are also evaluated frequency of occurence per unit area as few (F), medium (M), dense (D), Medium dense (MD).

The blister formation values of the panels exposed the 1000 h of salt spray test are given in the following Table 6.

Table 6. Blister Degree Values of HDG and Al Substrates After Salt Spray Test of 1000 h.

SAMPLE	HDG			Al		
	Open Edges	**Cross**	**Panel**	**Open Edges**	**Cross**	**Panel**
C22	2MD-4M	4F-6M-8D	8M-MD	6M-8MD	6F-8D	8F
S.S.	2D	2F-4M-6MD-8M	6F-8M	8M-MD	8MD	NO*
P.S	2MD-4MD	4M-6D	8D	NO*	8M	NO*

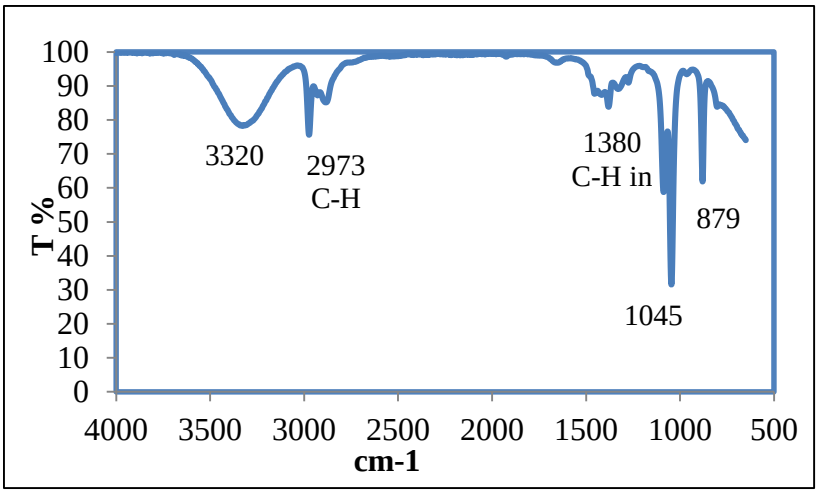
NO: no blister formation.

From Table 6 it can be conluded that, sol-gel conversion coating derived in current study(C22) exhibited very competitive performance with traditional phostahe based (P.S) and commercial silica based (S.S) coatings for HDG surfaces. On the other hand, for aluminum surfaces, traditional chromate based and commercial silane sol-gel pre-treated surfaces were considered slightly durable than sample C22 regarding the both mechanical and salt spray tests

3.3 FTIR Analysis

FTIR spectrums of silane coating solution containing 4v% precursors is given in Figure 1.

Figure 1: FTIR spectra of sample C22

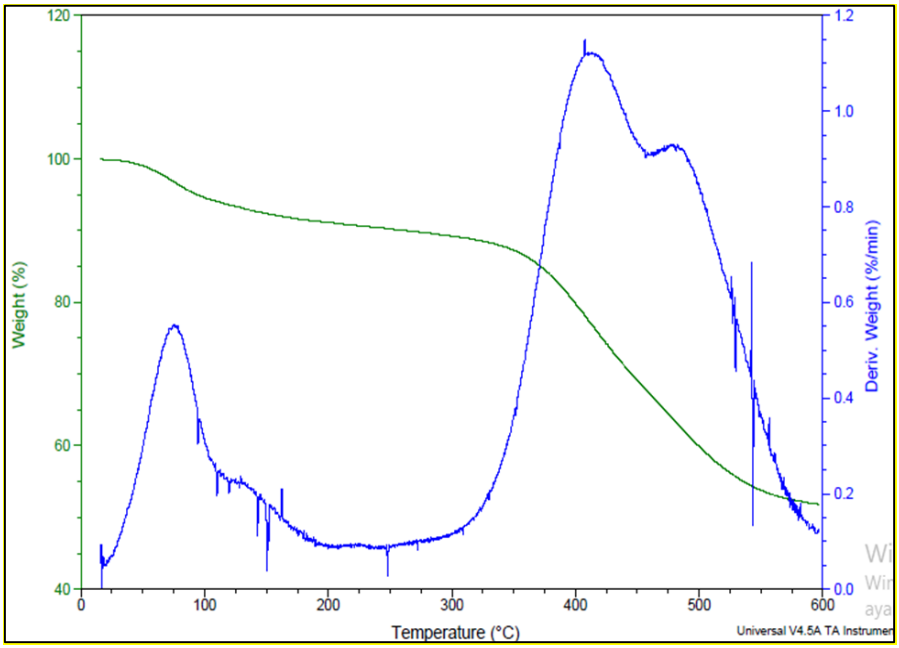


The polycondensation of the silane network is specified by the existence of the characteristic peaks of Si-O-Si structure at the wavelength of 1045 cm^{-1}. The adsorption peaks around 2975-2970 cm^{-1} can be attributed as the stretching of C-H bonds in alkyl and methoxy groups, respectively. The Si-OH bands appeared around 3320 represents the Si-OH bonds of hydrolyzed silica species.

3.4 TGA Analysis

Thermogravimetric Analysis (TGA) was conducted to evaluate the thermal behavior of the silane mixture prepared at the conndition of 4 v.% and at pH 3 (Figure 2).

Figure 2: TGA curves of sample C22



The first phenomenon where the weight loss of 5% observed below 100 °C is related with the removal of the hydroxyl groups. A very small weight loss observed in the temperature range of 150-200 ℃ that can be ascribed to the desorption of the water molecules. There is a remarkable weight loss between 380-500 ℃ owing to the removal organo-functional groups. This weight loss at about 380 ℃ involves the

scission of the allylic C-C bonds and allylic ether C-O bonds whereas the at about 440 ℃ results from the breaking of N-C bonds (Bellenger et al., 1984). The weight loss up to 500 ℃ is attributed to the formation of SiO_2 from partially condensed silanol ($SiO_x(OH)_y$) species (Landary et al., 1992).

4. CONCLUSION

In this study, it can be concluded that sol-gel coatings derived from the combination of γ-GPS, TEOS, and APTES led the formation of protective barrier with adequate corrosion reistance. The most promising performance in mechanical and adhesion tets was achieved by the sample C22 (4 v.% and pH= 3). In particular, sol-gel conversion coating derived in current study(C22) exhibited very competitive performance with traditional chromate based (P.S) and commercial silica based (S.S) coatings for HDG surfaces. On the other hand, for aluminum surfaces, traditional and commercial pre-treated surfaces were considered slightly durable than sample C22 regarding the both mechanical and salt spray tests

Acknolwledgement

This study was financially supported by Ege University Research Fund under the Contract No: FLY-2018-20305. Authors also thank to AkzoNobel Kemipol A.Ş. for their supports.

REFERENCES

Figueira, R.B., (2020). "Hybrid Sol–gel Coatings for Corrosion Mitigation: A Critical Review", Polymers 12 (3), 689, 1-33.

Braga A.V, Baptista do Lago D. C., Pimenta A.R., Ferreira de Senna, L., (2019) "The influence of heat treatment of inorganic conversion coatings produced by sol-gel dip coating on the anticorrosive properties of alumina films deposited on steel substrate – Part I: Single conversion coatings", Surface and Coatings Technology, 372, 190-200.

Braga A.V, Baptista do Lago D. C., Pimenta A.R., Ferreira de Senna, L., (2020) "The influence of heat treatment of inorganic conversion coatings produced by sol-gel dip coating on the anticorrosive properties of alumina films deposited on steel substrate - Part II: silica/boehmite or boehmite/silica multilayered conversion coatings, Surface and Coatings Technology, 386, 125500B.

Hernández-Barrios C.A., Saavedra J.A., Higuera S.L., Coy A.E., Viejo F. (2020)"Effect of cerium on the physicochemical and anticorrosive features of TEOS-GPTMS sol-gel coatings deposited on the AZ31 magnesium alloy" Surfaces and Interfaces, Volume 21, 100671.

Hughes, A.E. (2018) Conversion Coatings pp: 108-114,(Ed.) Klaus Wandelt, Encyclopedia of Interfacial Chemistry,Surface Science and Electrochemistry, Elsevier.

Figueira, R. B., Silva, C. J. R., & Pereira, E. V. 2014, Organic–inorganic hybrid sol–gel coatings for metal corrosion protection: a review of recent progress. Journal of Coatings Technology and Research, 12(1), pp. 1-35.

Bierwagen, G. P., 1998, Corrosion and Its Control by Coatings, ACS Symposium Series; American Chemical Society: Washington, DC.

Petrunin M.A., Maksaeva L.B., and Terekhova E.V., 2005, Effect of surface organosilicon nanolayers on corrosion of iron and aluminum in atmosphere, In: Meeting Abstracts 207th Meeting of the Electrochemical Society. Quebec, p. 237.

Ozel, A. and Cimenoglu, H., 2016, An Overview on Silane Based Metal Pretreatments for Powder Painting, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Istanbul Technical University, Turkey.

Zandi Zand, R., Verbeken, K., Adriaens, A., 2011, The corrosion resistance of 316L stainless steel coated with a silane hybrid nanocomposite coating. Progress in Organic Coating. 72, 709–715.

Van Ooij, W.J., Zhu, D., Stacy, M., Seth, A., Mugada, T., Gandhi, J. and Puomi, P., 2005, Corrosion Protection Properties of Organofunctional Silanes-An Overview, Tsinghua Science Technology, 10: pp. 639-664.

Bellenger, V., Fontaine, E., Fleishmann, A., Saporito, J., & Verdu, J., 1984, Thermogravimetric study of amine cross-linked epoxies. Polymer Degradation and Stability, 9(4), pp. 195–208.

Landry, C. J., Coltrain, B. K., Wesson, J. A., Zumbulyadis, N., & Lippert, J. L., 1992, In situ polymerization of tetraethoxysilane in polymers: chemical nature of the interactions. Polymer, 33(7), pp. 1496–1506.

2-AMİNO-4-CHLOROBENZOİC ACİD BİLEŞİĞİNİN KRİSTAL YAPISI VE HİRSHFELD YÜZEY ANALİZİ

Emine Berrin ÇINAR
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Semanur YEŞİLBAĞ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

ÖZET: Başlıkta görülen bileşiğin, $C_7H_6ClNO_2$, bilgisayar ve yazılımların gelişmesiyle molekül yapısını daha kapsamlı incelemek için STOE IPDS II' den alınan veriler yeniden değerlendirildi ve daha önceki çalışmalarla karşılaştırıldı. Hirshfeld yüzey analizi, iki boyutlu parmak izi grafikleri, moleküler elektrostatik potansiyel yüzeyleri ve kristalde bulunan etkileşimleri analiz etmek amacıyla kullanıldı. Kristalin uzay grubu monoklinik C2/c, örgü parameteleri a = 15.624 (2), b = 3.8458 (4), c = 24.065 (4) Å ve hücre başına düşen molekül sayısı 8' dir. Molekül içi N—H···O bağları S(6) halka motifi oluşturmuştur ve moleküller, dimer yapı oluşturan moleküllerarası güçlü (1.84 Å) O—H···O bağları, yine dimer yapı oluşturan C—H···O bağları ve N—H···Cl bağlarıyla birbirine bağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Klorobenzoik asit, Hirshfeld yüzey analizi, Kristal örgü

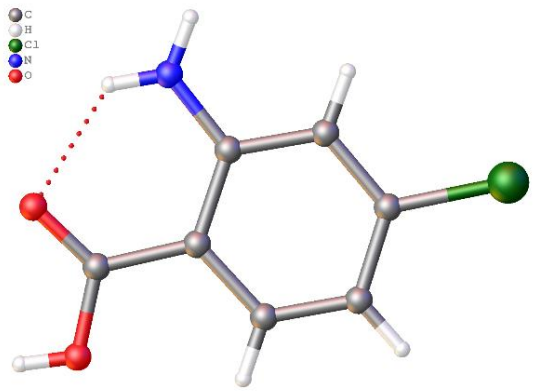
Crystal Structure and Hirshfeld Surface Analysis of 2-Amıno-4-Chlorobenzoic Acid

ABSTRACT: In order to examine the title compound, $C_7H_6ClNO_2$, (with the possibility of improved computers and software) the data from STOE IPDS II were revaluated and compared with previous studies. Hirshfeld surface analysis was used to analyze two-dimensional fingerprint graphs, molecular electrostatic potential surfaces and interactions found in the crystal. The crystalline space group is monoclinic C2 / c, lattice parameters are a = 15.624 (2), b = 3.8458 (4), c = 24.065 (4) Å and the number of molecules per cell is 8. The intramolecular N—H···O bonds are formed in the S (6) ring motif and the molecules are connected by strong dimer structured intermolecular (1.84 Å) O—H··· O bonds, dimer structured C — H···O bonds and N —H···Cl bonds.

Keywords: Chlorobenzoic acid, Hirshfeld surface analysis, Crystal lattice

1. GİRİŞ

Bu çalışmada 2-amino-4-chlorobenzoic acid (**$C_7H_6ClNO_2$**), tek kristalinin Tek Kristal X-Işınları Kırınımmetresi (STOE IPDS II) kullanılarak, kırınım verileri toplanıp kristalin yapısı çözüldü ve Hirshfeld yüzey analizi yapıldı ve elde edilen sonuçlar daha önce yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldı (Martin T. ve ark., 2017). Kırınımmetreden elde edilen veriler; WinGX, Shelx, Ortep-3, Platon, Mercury, Olex2 programlarında kullanılarak tek kristalin yapı çözümü yapılıp molekül şekli çizildi. Molekül içindeki atomların konumları ve birbirine göre uzaklıkları, bağ uzunlukları ve bağ açıları hesaplandı. Molekülün kristal yapısının çizimi Şekil 1' de görülmektedir.



Şekil 1. $C_7H_6ClNO_2$ bileşiğinin moleküler yapısı, kesikli çizgi ise molekül içi hidrojen bağını göstermektedir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Hirshfeld Yüzey Analizi

Hirshfeld analizinde (Spackman ve Jayatilaka, 2009) yazılım olarak Crystal Explorer17 programı (Turner ve ark., 2017) kullanıldı. Programın veri girişi için WinGx (Farrugia, L. J. 2012) programında anizotropik arıtım yapılıp hidrojen atomları molekülün geometrik yapısına uygun yerleştirildi. $C_7H_6ClNO_2$ molekülünün kristal yapısının çözümü ve arıtım işlemlerinin tamamlanmasından sonra elde edilen cif uzantılı dosya, Hirshfeld yüzey analizi yapabilmek için kullanılan Crystal Explorer 17 programının giriş dosyası olarak kullanıldı. Hirshfeld yüzeyinde haritalanmış elektrostatik potansiyel şekilleri çizildi.

2.2. X-ışını Krınım Verilerinin Analizi

Stoe IPDS II kırınımmetresi ile toplanan ham verilerden X-RED ve X-AREA (Stoe ve Cie, 2002) programları kullanılarak elde edilen hkl ve crs uzantılı data dosyaları alındı. Crs uzantılı dosyadan Olex2 (Dolomanov ve ark., 2009) yazılımı kullanılarak ins, yapı çözümü için gerekli olan ins uzantılı giriş dosyası elde edildi. Giriş dosyası, kristal yapı çözüm programı olan SHELXT-2015 (Sheldrick, 2015b) yazılımında kullanılarak kristalin çözümü yapıldı. Kristal yapı arıtımı için ise SHELXL-2015((Sheldrick, 2015a) yazılımı kullanıldı. Molekül yapısına ait şekilleri çizmek için ORTEP-III (Burnett, M. N. & Johnson, C. K., 1996) ve Mercury (Macrae, C. F. ve ark., 2006) programları kullanıldı. Molekül içindeki atomların konumları ve birbirine göre uzaklıkları, bağ uzunlukları ve bağ açıları hesaplandı. Molekülleri birbirine bağlayarak kristal yapıyı oluşturan etkileşimler hesaplanıp üç boyutlu paket yapı için görseller oluşturuldu.

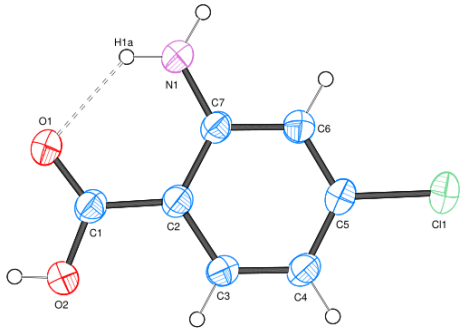
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Kristal Yapı Çözümü

2-amino-4-chlorobenzoic acid, bileşiğinden elde edilen tek kristallerden uygun olanı seçilip Tek Kristal X-ışınları Krınımmetresi'ne takıldı. Elde edilen bileşiğe ait ham data kristalografide yaygın olarak kullanılmakta olan en güncel programlar yardımı ile değerlendirilerek bileşiğin yapısı aydınlatıldı. Yapı çözümüne ham datanın ShelxT programında kullanılarak başlanıldı ve kristalin yapısı çözüldü. Hidrojen atomu haricindeki atomlar yerleştirildikten sonra ShelxL programı ile anizotropik arıtım yapıldı. Hidrojen atomları şeklin geometrisine dayalı olarak yerleştirildi. Yapıda artık pik kalmadığı görüldüğünde yapı çözümü tamamlandı. Daha sonra yapıdaki hidrojen bağları ve moleküller arası etkileşimler tespit edildi. Deneysel verilerden elde edilen değerler Crystal Explorer programı ile yapılan teorik hesaplama sonuçları ile karşılaştırıldı. Kristal yapı çözümü sonucunda bileşiğin tek kristalinin monoklinik sistemde C2/c uzay grubunda kristal oluşturduğu anlaşıldı. Kristalin birim hücre başına düşen molekül sayısı 8'dir. Birim hücre parametrelerinin; a = 15.624 (2), b = 3.8458 (4), c = 24.065 (4) Å, α=90°, β=99,642(13)°, γ=90° olduğu görüldü. Molekülün hacmi V = 1443.1 (4) $Å^3$ olarak hesaplandı. Deneysel çalışma sonucunda, bileşiğin kristal yapısına ait molekülün %30 olasılıklı elipsoitle çizilen şekli Şekil 2'de görülmektedir. Bileşiğe ait kristalografik veriler Tablo 1' de verilmiştir. Tablo 2'de ise kristale ait seçilmiş bağ açısı, bağ uzunluğu ve torsiyon açısı değerleri verilmektedir.

Tablo 1. Bileşiğin kristalografik değerleri ve deneysel verileri

Kimyasal Formül	$C_7H_6ClNO_2$	F000	704
Formül Ağırlığı (a.k.b.)	171.58	Ölçülen Yansıma Sayısı	5356
Kristal Boyutları (mm)	0.47 × 0.20 × 0.05	Bağımsız; Gözlenen [I>2σ(I)]Yansıma Say.	2201; 972
X–ışını ve Dalga Boyu (Å)	MoKα ; 0.71073	Çizgisel Soğurma Katsayısı μ (mm^{-1})	0.47
Veri Toplama Sıcaklığı (ºK)	296	İndeks aralığı	$-22 \leq h \leq 22$,
Kristal Sistemi	Monoklinik		$-5 \leq k \leq 5$,
Uzay Grubu	*C2*/c		$-34 \leq l \leq 25$
a; b; c (Å)	15.624 (2);	Veri toplama aralığı (º)	$61 \leq 2\theta \leq 272$
	3.8458 (4);	Tmin; Tmak.	0.8737, 0.9709
	24.065 (4)	R_{int}	0.072
α; β; γ (º)	90; 93.642 (13); 90	Veri/ Parametre	2201/109
Birim Hücre Hacmi ($Å^3$)	1443.1 (4)	S	0.90
Birim Hücredeki Molekül Sayısı	8	R; R_ω	0.051; 0.139
Hesaplanan Yoğunluk (g cm^{-3})	1.579	$\Delta\rho_{max}$; $\Delta\rho_{min}$ (e $Å^{-3}$)	0.21, −0.30



Şekil 2. Yapıdaki N1 atomunun H1a hidrojeni ile O1 atomu arasında molekül içi hidrojen bağı

Tablo 2. Bileşiğine ait bazı geometrik parametreler

Bağ uzunluğu (Å)		**Bağ açısı (°)**		**Torsiyon açısı (°)**	
Cl1—C5	1.752(3)	C3—S1—C7	119.0(2)	C3—C2—C7—N1	-179.9(3)
O2—C1	1.313(3)	C3—C2—C1	119.8(3)	C1—C2—C7—N1	-0.8(4)
O1—C1	1.245(3)	C7—C2—C1	121.2(2)	C3—C2—C7—C6	-0.1(4)
N1—C7	1.368(3)	N1—C7—C6	118.3(3)	C1—C2—C7—C6	179.0(2)
C2—C3	1.410(3)	N1—C7—C2	123.4(2)	N1—C7—C6—C5	179.4(3)
C2—C7	1.416(4)	C6—C7—C2	118.3(2)	C2—C7—C6—C5	-0.4(4)
C2—C1	1.467(3)	C5—C6—C7	120.3(3)	C3—C2—C1—C1	175.9(3)
C7—C6	1.403(3)	O1—C1—O2	121.7(2)		
C6—C5	1.382(4)				
C3—C4	1.373(4)				
C5—C4	1.385(4)				

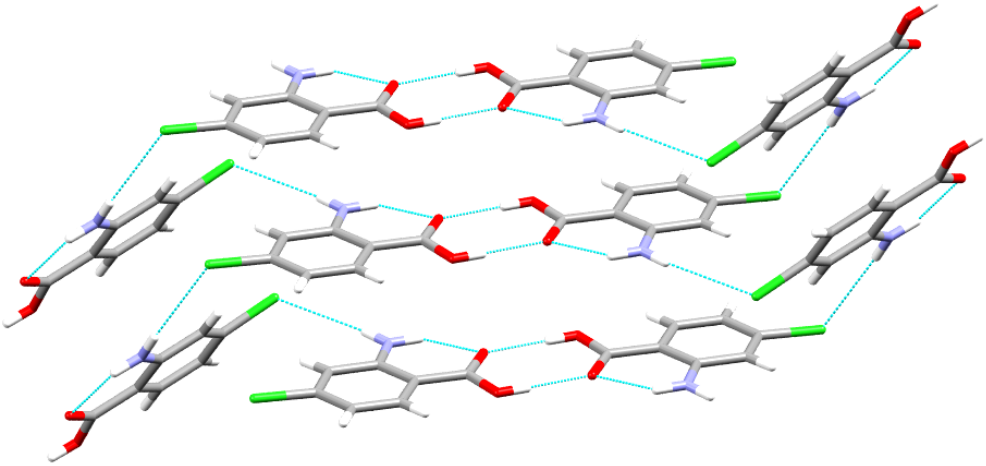
Molekülün paket yapısını oluşturmada ana etken olan 3 adet moleküller arası (biri zayıf) ve bir adet molekül içi hidrojen bağlarına ait sayısal değerler Tablo 2' de görülmektedir. Molekül içi N—H···O bağları S(6) halka motifi oluşturmuştur ve moleküller, dimer yapı oluşturan moleküllerarası güçlü (1.84 Å) O—H···O bağları, yine dimer yapı oluşturan C—H···O bağları ve N—H···Cl bağlarıyla birbirine bağlanmıştır. Deneysel verilerden elde edilen bu sonuçlar; Crystal Explorer 17 yazılımı ile yapılan teorik hesaplamalardan elde edilen sonuçlar ile uyumludur. Teorik hesaplama ile elde edilen Hirshfeld yüzey analizi şekillerine bakıldığında aynı hidrojen bağları

görülmektedir. Hirshfeld yüzey analizi sonucu elde edilen moleküller arası etkileşimler ve hidrojen bağları Şekil 5'te görülmektedir. Bu moleküller arası hidrojen bağları molekülleri biraraya getirerek katı yapıyı oluşturmada ana etken olmaktadır. Şekil 3'de Mercury programı kullanılarak çizilmiş molekül yapısına ait hidrojen bağları görülmektedir. Tablo 3, molekülü hidrojen bağlarının geometrik değerlerini vermektedir.

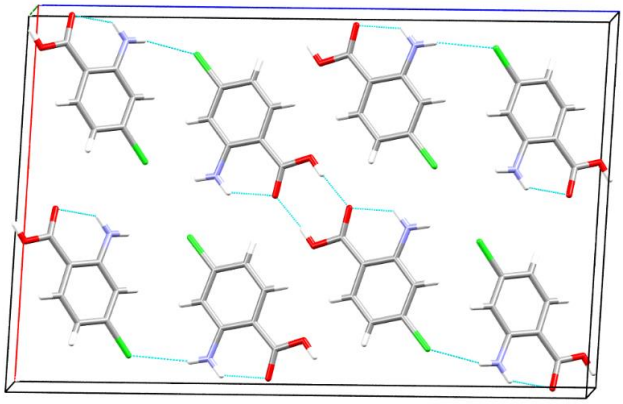
Tablo 3: $C_7H_6ClNO_2$ molekülünün hidrojen bağlarının geometrik değerleri (Å, º)

D-H ··· A	**D-H**	**H ··· A**	**D ··· A**	**D-H ··· A**
O2—H2···O1^{i}	0.82	1.84	2.662 (2)	174.2
N1—H1A···O1	0.86(3)	2.05 (3)	2.701 (4)	132 (3)
N1—H1B···Cl1^{ii}	0.87(4)	2.87 (4)	3.722 (4)	167 (3)
C3—H3···O2^{iii}	0.93	2.88 (2)	3.644 (3)	139.95 (2)

Simetri kodları: (i) −x+1, −y+1, −z+1; (ii) −x+3/2, y−1/2, −z+3/2, (iii)-x+1/2+1,-y+1/2+1,-z+1

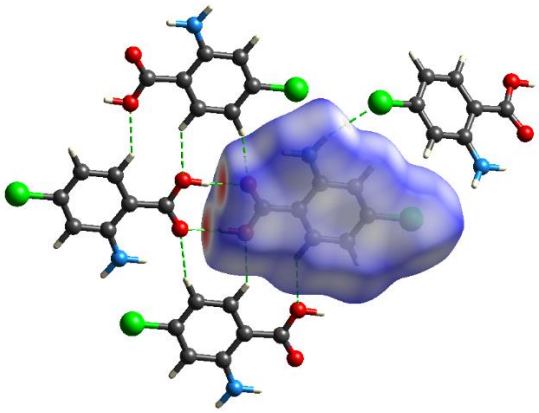


Şekil 3: $C_7H_6ClNO_2$ bileşiğinin moleküller arası hidrojen bağları



Şekil 4. $C_7H_6ClNO_2$ kristalinin birim hücresi ve istiflenme yapısı

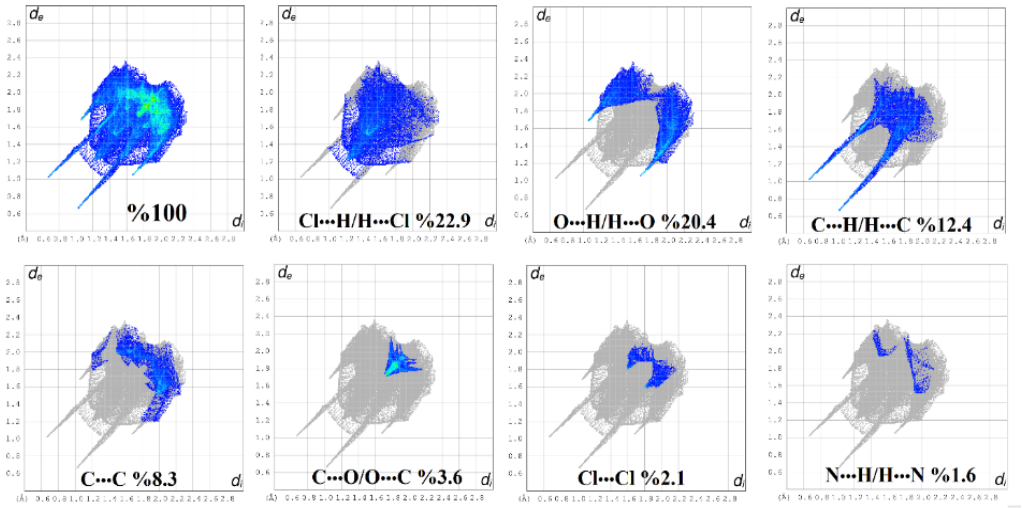
Şekil 4'de kristalin birim hücre içinde istiflenme yapısının görünümü verildi. Molekülleri biraraya getirerek katı yapıyı oluşturan ana etken hidrojen bağlarıdır.



Şekil 5. $C_7H_6ClNO_2$, bileşiğinin hidrojen bağı yapma olasılığının olduğu atomlar bölgesi kırmızı renkli olan bölgelerdir.

Şekil 5' de Crystal Explorer 17 programı kullanılarak yapılan teorik hesaplama sonucunda hidrojen bağları yaparak molekülleri bir araya getirip paket yapıyı oluşturan atomların yakınındaki yüzeyler kırmızı renkle boyanmıştır. Bu bölgedeki kırmızı rengin koyuluğu ve büyüklüğü hidrojen bağının oluşma olasılığı ve bağın kuvvetli olması ile orantılıdır.

Şekil 6'da Hirshfeld yüzey analizinden elde edilen parmak izi şeklinden görüldüğü gibi molekülleri birarada tutan etkileşim oranları: Cl···H/H···Cl 22.9 %, O···H/H·····O 20.4 %, C···H/H···C 12.4 %, C···C 8.3 %, C···O/O···C 3.6 %, Cl···Cl 2.12.9 %, N···H/H···N 1.6 % görülmektedir.



Şekil 6. Hirshfeld yüzey analizinden elde edilen parmak izi şekli ve molekülleri biraraya getirmede rol oynayan etkileşim oranları: Cl···H/H···Cl 22.9 %, O···H/H·····O 20.4 %, C···H/H···C 12.4 %, C···C 8.3 %, C···O/O···C 3.6 %, Cl···Cl 2.12.9 %, N···H/H···N 1.6 %

4. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışma sonucunda, $C_7H_6ClNO_2$, bileşiğinin tek kristal verileri Tek Kristal X-ışınları Kırınımmetresi ile deneysel olarak toplanıp geliştirilmiş en güncel kristalografi programları kullanılarak kristal yapısı hakkında; deneysel verileri kullanarak elde edilebilecek hesaplamalar yapılıp kristalin yapısı aydınlatıldı. Molekülün üç boyutlu yapısını gösterir şekiller çizildi. Molekülün istiflenme yapısını oluşturan etkileşimler tespit edilip şekil ile gösterildi. Hirshfeld yüzey analizi yapıldı. Yüzey analizi ile molekülleri biraraya getiren etkileşmeler ve oranları hesaplandı. Mevcut hidrojen bağlarının varlığı teorik hesaplamalar ile teyit edildi. Elde edilen kristalografik değerler literatürle uyum içinde olduğu görüldü (Farag vd., 2011:037).

KAYNAKÇA

Abeer Mohamed Farag, Siang Guan Teoh, Hasnah Osman, Chin Sing Yeapb and Hoong-Kun Funb. Acta Crystallographica Section E. E67, o37, 2011.

Burnett, M. N. & Johnson, C. K. ORTEPIII. Report ORNL-6895. Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, USA, 1996.

Dolomanov, O. V., Bourhis, L. J., Gildea, R. J., Howard, J. A., & Puschmann, H. OLEX2: a complete structure solution, refinement and analysis program. Journal of Applied Crystallography, 42, 339-341, 2009.

Farrugia, L. J. J. Appl. Cryst. 45, 849-854, 2012.

Macrae, C. F., Edgington, P. R., McCabe, P., Pidcock, E., Shields, G. P., Taylor, R., Towler, M. & van de Streek, J., J. Appl. Cryst. 39, 453-457, 2006.

Martin T., Fleissner J. Milius W. Ve Breu J., Z. Anorg. Allg. Chem., 643, 2019–2023, 2017.

Sheldrick, G. M. Crystal structure refinement with SHELXL. Acta Crystallographica Section C: Structural Chemistry, 71, 3-8,2015a.

Sheldrick, G. M. SHELXT–Integrated space-group and crystal-structure determination. Acta Crystallographica Section A: Foundations and Advances, 71, 3-8, 2015b.

Spackman, M. A., ve Jayatilaka, D. Hirshfeld surface analysis. Cryst. Eng. Comm, 11, 19-32, 2009.

Stoe ve Cie Program name(s). Stoe & Cie, Darmstadt, Germany, 2002.

Turner, M., McKinnon, J., Wolff, S., Grimwood, D., Spackman, P., Jayatilaka, D., ve Spackman, M. CrystalExplorer17. University of Western Australia, 2017.

CATENA-(TETRA-AQUA-(μ_2-SQUARATO-O,O')-COBALT) BİLEŞİĞİNİN KRİSTAL YAPISI VE HİRSHFELD YÜZEY ANALİZİ

Semanur YEŞİLBAĞ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Emine Berrin ÇINAR
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

ÖZET: Başlıkta görülen geçiş metal kompleksinin, $Co(C_4O_4)\cdot 4H_2O$, kristal yapısını teyit etmek için, bilgisayar ve yazılımların da gelişmesiyle molekül yapısını daha kapsamlı incelemek adına STOE IPDS II' den alınan veriler yeniden değerlendirildi ve daha önceki çalışmalarla karşılaştırıldı. Hirshfeld yüzey analizi, iki boyutlu parmak izi grafikleri, moleküler elektrostatik potansiyel yüzeyleri ve kristalde bulunan etkileşimleri analiz etmek için kullanıldı. Kristalin uzay grubu monoklinik C2/c, örgü parameteleri a = 8.9586 (8), b = 13.3454 (9), c = 6.7064 (6) Å ve hücre başına düşen molekül sayısı 4' tür. Geçiş metal kompleksi, dört su molekülü, trans pozisyonundaki $C_4O_4^{2-}$ anyonu ve iki oksijen atomu tarafından oktahedral olarak koordine edilmesiyle oluşmaktadır. Komşu zincirler hidrojen bağlarıyla birbirine bağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Geçiş metal kompleksi, Hirshfeld yüzey analizi, Kristal örgü

Crystal Structure and Hirshfeld Surface Analysis of Catena – (Tetra-Aqua – (μ2-Squarato-O, O') – Cobalt) Compound

ABSTRACT: In order to confirm the crystal structure of the transition metal complex, Co (C_4O_4) • $4H_2O$ in the title, with the development of computers and software, it was evaluated in detail when examined from STOE IPDS II and compared with previous studies. Hirshfeld surface analysis to analyze two-dimensional fingerprint plots to analyze molecular electrostatic potential surfaces and interactions found in the crystal. The crystalline space group is monoclinic C2 / c, lattice parameters a = 8.9586 (8), b = 13.3454 (9), c = 6.7064 (6) Å and the molecule per cell is 4. The transition metal complex is formed by being octahedrally coordinated by four water molecules, the $C_4O_4^{2-}$

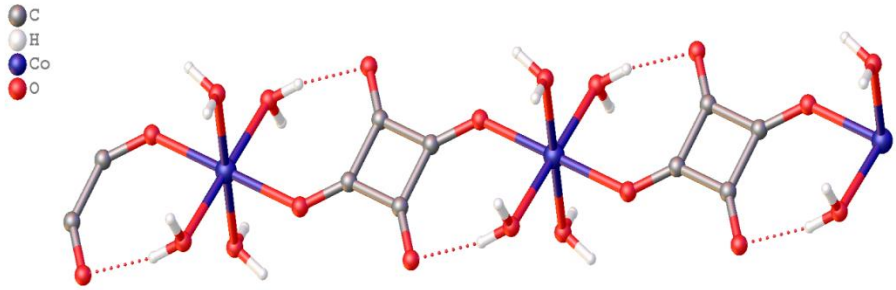
anion in the trans position, and two oxygen atoms. Neighboring chains are linked together by hydrogen bonds.

Keywords: Transition metal complex, Hirshfeld surface analysis, Crystal lattice

1.Giriş

Bu çalışmada sistematik adı, Catena-(Tetra-aqua-(μ_2-Squarato-O,O′)-Cobalt), ($C_4H_8CoO_8$) molekülünün kristalin yapısı, deneysel kırınım verileri kullanılarak Tek Kristal X-Işınları Kırınımmetresi (STOE IPDS II) ile çözüldü. Hirshfeld yüzey analizi yapıldı ve elde edilen sonuçlar daha önce yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldı (Weiss, A. vd.,1986:41) (Lee,C.vd.,1996:52) $C_4H_8CoO_8$ bileşiğinden elde edilen tek kristalin, Hirshfeld yüzey analizi yapıldı. Molekülleri biraraya getirerek birbirine bağlayıp katı fazı oluşturan etkileşimler hesaplanıp hidrojen bağları tespit edildi ve bunları ifade eden tablo ve şekiller oluşturuldu. Molekülün kristal yapısının çizimi Şekil 1'de görülmektedir.

Şekil 1. Catena-(Tetra-aqua-(μ_2-Squarato-O,O′)-Cobalt) bileşiğinin moleküler yapısı



2. Materyal ve Metod

2.1. Hirshfeld Yüzey analizi

Hirshfeld analizinde (Spackman ve Jayatilaka vd.,2009:11) yazılım olarak Crystal Explorer17 programı (Turner vd., 2017) kullanıldı. Programın veri

girişi için WinGx (Farrugia, L. J. 2012:45) programında anizotropik arıtım yapılıp hidrojenler fark fourier haritası verilerine göre yerleştirildi ve bu işlemin sonucuna elde edilen cif uzantılı dosya teorik hesaplamada kullanıldı.

2.2. X-ışını Krınım Verilerinin Analizi

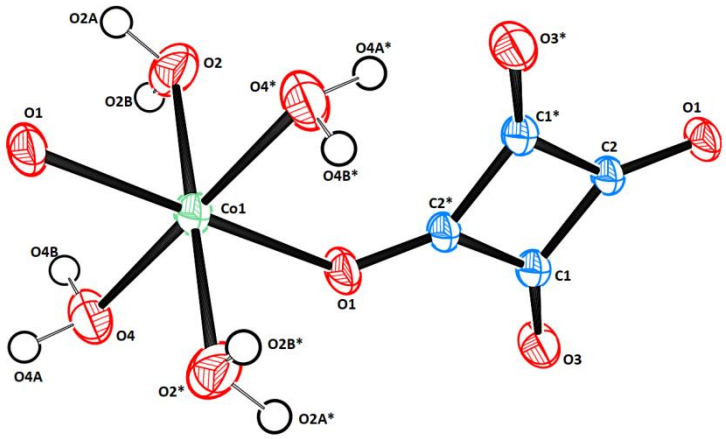
Stoe IPDS II kırınımmetresi ile toplanan ham verilerden X-RED ve X-AREA (Stoe ve Cie, 2002) programları kullanılarak elde edilen hkl ve crs uzantılı data dosyaları elde edilmiştir. crs uzantılı dosyadan Olex2 (Dolomanov vd.,2009:42) yazılımı kullanılarak ins uzantılı kristal yapı çözümü için gerekli olan ins uzantılı giriş dosyası elde edildi. Giriş dosyası kristal yapı çözüm programı olan SHELXT-2015 (Sheldrick, 2015b) yazılımında kullanılarak kristal yapı çözümü yapıldı. Kristal yapı arıtımı için SHELXL-2015(Sheldrick, 2015a) yazılımı kullanıldı. Molekül yapısına ait şekilleri çizmek için ORTEP-III (Burnett, M. N. Vd.,1996) ve Mercury (Macrae, C. F. Vd.,2006:39) programları kullanıldı.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Kristal Yapı Çözümü

$C_4H_8CoO_8$ bileşiğinin kristal yapısı, bileşiğe ait tek kristal kullanılarak X-ışını krınımından elde edilen verilerin kristalografi de yaygın olarak kullanılmakta olan en güncel programlar yardımı ile değerlendirilerek aydınlatıldı. Bileşiğin kristali monoklinik C2/c uzay grubunda kristallendiği tespit edildi. Kristalin birim hücre başına düşen molekül sayısı 4 dür. Birim hücre parametreleri; a = 8.9586 (8), b = 13.3454 (9), c = 6.7064 (6) Å, α=90°, β=99,481°, γ=90° olduğu görüldü. Molekülün hacmi V = 790,84 $Å^3$ olarak hesaplandı. Kullanılan difraktometrede dalga boyu 0,71 Å olan K_α ışıması kullanıldı.Kristalin hesaplanan yoğunluğu 2,04 g/cm^3 tür.

Şekil 2. $C_4H_8CoO_8$ bileşiğinin ORTEP-III programı ile %30 olasılıklı elipsoitle çizilen molekülün antisimetrik birimi



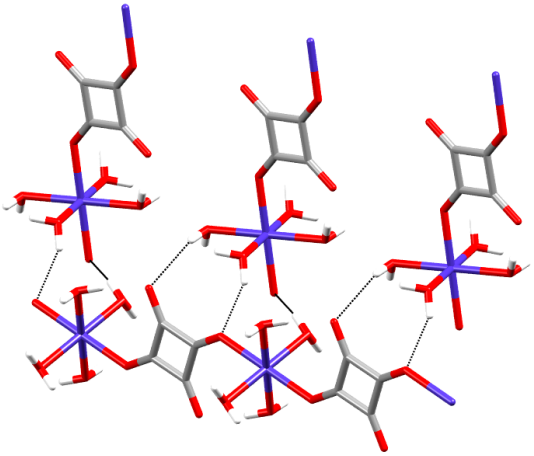
Tablo 1. Hidrojen bağ geometrisi (Å, º)

D-H ··· A	D-H	H ··· A	D ··· A	D-H ··· A
O2—H2A···O3^{i}	0.85	1.86	2.701 (5)	169.2
O2—H2B···O3	0.85	2.21	2.977 (5)	149.5
O4—H4A···O4^{ii}	0.85	2.52	3.305 (8)	154.3
O4—H4B···O1^{iii}	0.85	2.02	2.796 (4)	152.0

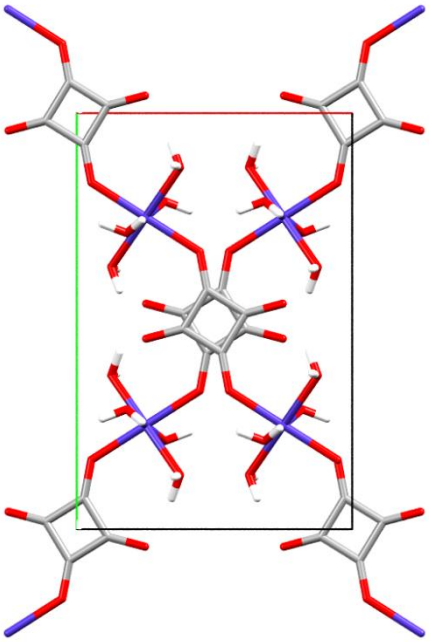
Simetri kodları: (i) x, −y+1, z+1/2; (ii) −x+3/2, −y+1/2, −z; (iii) −x+1, y, −z+1/2.

Molekülün paket yapısını oluşturmada ana etken olan üç adet moleküller arası ve bir adet molekül içi O-H-O hidrojen bağlarına ait sayısal değerler Tablo 1' de görülmektedir. Deneysel verilerden elde edilen bu sonuçlar Mercury yazılımı ile görselleştirilmiştir. Şekil 3'te hidrojen bağları noktalı çizgilerle gösterilmiştir.

Şekil 3. $C_4H_8CoO_8$ bileşiğinin moleküller arası hidrojen bağları



Şekil 4. $C_4H_8CoO_8$ kristalinin c eksini boyunca birim hücresi görünümü



Şekil 4'te $C_4H_8CoO_8$ Kristalinin birim hücre içinde istiflenme yapısının c ekseni boyunca görünümü verildi. Molekülleri biraraya getirerek katı yapıyı oluşturan ana etken hidrojen bağlarıdır. Tablo 2'de, kristale ait kristalografik değerler ve deney koşulları ile ilgili bilgiler görülmektedir.

Tablo 2. Bileşiğin kristalografik değerleri ve deneysel veriler

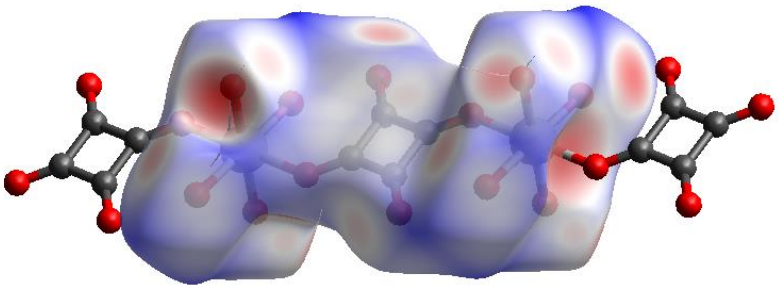
Kimyasal Formül	$C_4H_8CoO_8$	**Bağımsız; Gözlenen [I>2σ(I)]Yansıma Say.**	1934; 1515
Formül Ağırlığı (a.k.b.)	243.03		
Kristal Boyutları (mm)	0.76 × 0.34 × 0.000	**Çizgisel Soğurma Katsayısı μ (mm^{-1})**	2.19
X–ışını ve Dalga Boyu (Å)	MoKα ; 0.71073		
Veri Toplama Sıcaklığı (°K)	296	**İndeks aralığı**	-14≤ h ≤ 14, -22 ≤ k ≤ 22, -11≤ l ≤ 10
Kristal Sistemi	Monoklinik		
Uzay Grubu	*C2/c*	**Veri toplama aralığı (°)**	6.106≤ 2θ ≤72.946
a; b; c (Å)	8.9586 (8); 13.3454 (9); 6.7064 (6)	**Tmin; Tmak.**	0.3330, 0.5789
α; β; γ (°)	90; 99.481 (7); 90	**Rint**	0.097
Birim Hücre Hacmi ($Å^3$)	790.84 (11)	**Veri/ Parametre**	1934/64
		S	1.29
F000	492.0	**R; Rω**	0.97; 0.319
Ölçülen Yansıma Sayısı	6404	**Δρmax; Δρmin (e $Å^{-3}$)**	6.26, -0.97

Tablo 3. $C_4H_8CoO_8$ kristalinin Bağ uzunlunlukları-Bağ açıları-Torsiyon açıları

Bağ uzunluğu (Å)		Bağ açısı (°)		Torsiyon açısı (°)	
Co1—O4	2.062 (3)	O4—Co1—O4^{i}	180.0	Co1—O1—C2—C1^{iv}	−177.1 (3)
Co1—O4^{i}	2.062 (3)	O4—Co1—O1	89.57 (13)	Co1—O1—C2—C1	2.9 (7)
Co1—O1	2.079 (2)	O4^{i}—Co1—O1	90.43 (13)	O3^{iii}—C1—C2—O1	−0.2 (8)
Co1—O1^{i}	2.079 (2)	O4—Co1—O1^{i}	90.43 (13)	C2^{iv}—C1—C2—O1	180.0 (5)
Co1—O2	2.117 (3)	O4^{i}—Co1—O1^{i}	89.57 (13)	O3^{iii}—C1—C2—C1^{iv}	179.8 (5)
Co1—O2^{i}	2.117 (3)	O1—Co1—O1^{i}	180.0	C2^{iv}—C1—C2—C1^{iv}	0.0
O1—C2	1.245 (4)	O4—Co1—O2	88.39 (16)		
O2-H2A	0.8515	O4^{i}—Co1—O2	91.61 (16)		
O2—H2B	0.8513	O1—Co1—O2	94.60 (11)		
O3—C1^{ii}	1.252 (4)	O1^{i}—Co1—O2	85.40 (11)		
O4—H4A	0.8501	O4—Co1—O2^{i}	91.61 (16)		

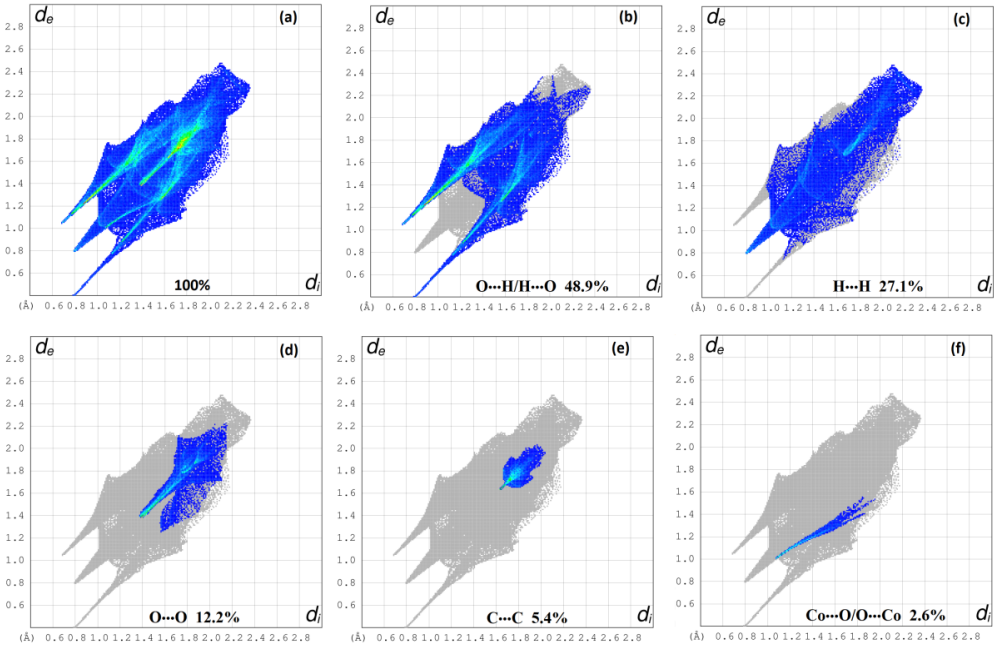
Simetri kodları: (i) −x+3/2, −y+1/2, −z+1; (ii) x, −y+1, z−1/2; (iii) x, −y+1, z+1/2; (iv) −x+1, −y+1, −z+1.

Şekil 5. $C_4H_8CoO_8$ kristaline ait d_{norm} şekli ve hidrojen bağları



Şekil 5'te Crystal Explorer 17 programı kullanılarak yapılan teorik hesaplama sonucunda hidrojen bağları yaparak molekülleri bir araya getirip paket yapıyı oluşturan atomların yakınındaki yüzeyler kırmızı renkle boyanmıştır. Bu bölgedeki kırmızı rengin koyuluğu ve büyüklüğü hidrojen bağlarının oluşma olasılığı ve kuvveti ile ilgilidir. Şekil 5'te molekülün yapmış olduğu hidrojen bağlarının molekülü birbirine bağlama noktaları görülmektedir.

Şekil 6. Hirshfeld yüzey analizinden elde edilen parmak izi şekli ve molekülleri biraraya getirmede rol oynayan etkileşim oranları



Şekil 6 ‘da Hirshfeld yüzey analizinden elde edilen parmak izi şeklinden de görüldüğü gibi molekülleri birarada tutan etkileşim oranları: O···H/H··· O 48,9 %, H···H 27,1%, O···O 12.2%, C···C 5,4%, Co···O/ O···Co 2.6% görülmektedir. Etkileşime en çok katkı yapan O···H/H··· O 48,9 % etkileşimi sonra H···H 27,1% etkileşimi gelmektedir.

4. Sonuçlar

Yapılan bu çalışma sonucunda, $C_4H_8CoO_8$, kristalin yapısı, Tek Kristal X-ışınları Krınımmetresinden alınan veriler ile aydınlatıldı. Molekülün üç boyutlu yapısını gösteren şekiller çizildi. Molekülleri biraraya getiren etkileşimler ve oranları hesaplandı. Hirshfeld yüzey analizi yapıldı. Yüzey analizi ile molekülleri biraraya getiren etkileşimler ve oranları hesaplandı. Mevcut hidrojen bağlarının varlığı teorik hesaplamalar ile teyit edildi. Elde edilen kristalografik değerler literatürle uyum içinde olduğu görüldü.

Kaynakça

Burnett, M. N. & Johnson, C. K. (1996) ORTEPIII. Report ORNL-6895. Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, USA,

Dolomanov, O. V., Bourhis, L. J., Gildea, R. J., Howard, J. A., & Puschmann, H.(2009)OLEX2: a complete structure solution, refinement and analysis program. Journal of Applied Crystallography, 42, 339-341

Farrugia, L. J. J.(2012) Appl. Cryst. 45, 849-854

Lee, C., Wang,C., Wang, Y. (1996) Acta Crystallogr.,Sect.B:Struct.Sci. ,52,966.

Macrae, C. F., Edgington, P. R., McCabe, P., Pidcock, E., Shields, G. P., Taylor, R., Towler, M. & van de Streek, J.,(2006) J. Appl. Cryst. 39, 453-457

Sheldrick, G. M.(2015) Crystal structure refinement with SHELXL. Acta Crystallographica Section C: Structural Chemistry, 71, 3-8,

Spackman, M. A., ve Jayatilaka, D. (2009) Hirshfeld surface analysis. Cryst. Eng. Comm, 11, 19-32,

Stoe ve Cie Program name(s). Stoe & Cie (2002) Darmstadt, Germany

Turner, M., McKinnon, J., Wolff, S., Grimwood, D., Spackman, P., Jayatilaka, D., ve Spackman, M. (2017) CrystalExplorer17. University of Western Australia

Weiss, A., Riegler, E. Alt, I., Bohme, H., Robl, C. Z.Naturforsch.,(1986) B:Chem.Sci. ,41,18

KANDAKİ GLİKOZ VE ÜRİK ASİT MİKTARLARININ DİFERANSİYEL PULS POLAROGRAFİSİ İLE TAYİNİ

Dr. Öğr. Gör. Şükrü KALAYCI
Gazi Üniversitesi

ÖZET: Glikoz, vücudun temel enerji kaynaklarından birisidir. İnsanlar, unlu gıdalar ve meyveler gibi karbonhidratlı besinlerden glikoz ihtiyaçlarını karşılarlar. Beyin ve sinir sistemi hücreleri dahil vücudun enerji üretimi için glikoza ihtiyacı vardır. Ancak kandaki glikoz miktarı düşer ya da yükselirse ciddi sağlık sorunları gelişebilir. Düşük **glikoz seviyesi** (hipoglisemi) başta beyin kanaması olmak üzere pek çok önemli sağlık sorununa neden olabilir. Yüksek glikoz seviyeleri (**hiperglisemi**) ise kalp hastalığı, körlük, **böbrek yetmezliği** gibi komplikasyonlara neden olabilen diyabetin (**şeker hastalığı**nın) belirtisi olabilir. Her insanın kanında belirli miktarda ürik asit bulunur. Vücutta bulunan veya belirli gıdalardan alınan pürin kimyasalının parçalanması sonucu ortaya çıkıyor. Ürik asit, böbrekler ve sindirim sistemi tarafından dışarı atılması gerekiyor. Tamamının atılmaması sonucunda vücutta biriken ürik asit, sorunlara yol açabiliyor.

Bu sebeplerden dolayı kandaki glikoz ve ürik asit miktarlarının tayini son derece önemlidir. Kandaki glikoz, glikoaz enzimi ile ürik asit ise üreaz enzimi ile parçalandığında ortak ürün olan hidrojen peroksit açığa çıkarır. Biz bu çalışmada hidrojen peroksit tayinin diferansiyel puls polarografisi ile yaparak kandaki glikoz ve ürik asit miktarlarını tayin ettik.

Anahtar Kelimeler: Glikoz, Ürik asit, Diferansiyel puls polarografisi (DPP), Tayin.

Determination of Glucose and Uric Acid Amounts in The Blood by Differential Puls Polarography

ABSTRACT: Glucose is one of the main energy sources of the body. People meet their glucose needs from carbohydrate foods such as bakery foods and fruits. Including the cells of the brain and nervous system, the body needs glucose for energy production. However, if the amount of glucose in the blood drops or rises, serious health problems may develop. Low glucose level (hypoglycemia) can cause many important health problems, especially brain he-

morrhage. High glucose levels (hyperglycemia) can be a sign of diabetes (diabetes), which can cause complications such as heart disease, blindness, kidney failure. Every person has a certain amount of uric acid in their blood. It occurs as a result of the breakdown of purine chemicals found in the body or taken from certain foods. Uric acid needs to be expelled by the kidneys and digestive system. Uric acid accumulating in the body as a result of not completely disposed of can cause problems.

For these reasons, it is extremely important to determine the amount of glucose and uric acid in the blood. When glucose in the blood is broken down by glucose enzyme and uric acid by urease enzyme, it releases hydrogen peroxide, which is a common product. In this study, we determined the amount of glucose and uric acid in the blood by making the hydrogen peroxide determination with differential pulse polarography.

Keywords: Glucose, Uric acid, Differential pulse polarography (DPP), Determination.

1. GİRİŞ

Glukoz, karbonhidrat içeren gıdalardan sağlanan vücudun ana enerji kaynağı şeklinde tanımlanabilir. Halk arasında glukoz kan şekeri şeklinde bilinmektedir. Glukoz normal aralıkları içerisinde tutabilmek vücudun sağlıklı ve etkili çalışması için oldukça önemlidir. Şeker hastası olan kişilerin glukoz seviyelerine bilhassa dikkat etmeleri gerekir. Normal olarak bir insan kanında glukoz miktarı 70-110 mg/L aralığında olmalıdır. Her insanın kanında belirli miktarda ürik asit bulunur. Vücutta bulunan veya belirli gıdalardan alınan pürin kimyasalının parçalanması sonucu ortaya çıkıyor. Ürik asit, böbrekler ve sindirim sistemi tarafından dışarı atılması gerekiyor. Normal olarak insan kanındaki ürik asit miktarı ise 6-8 mg/L aralığında olmalıdır. Dolayısıyla kandaki glukoz ve ürik asit miktarlarının tespit edilmesi son derece önemlidir.

İlk kandaki glukoz tayini mikro method kullanılarak yapıldı (Trinder, 1969:24). Bir akış enjeksiyon sistemi kullanılarak kandaki glukoz tayini elektrokimyasal yöntemle tayin edildi (Masoom ve Townshend, 1985:111). Enzimatik reaksiyon sırasında glikoz oksidazın içsel flüoresansının değişmesine dayalı olarak glikoz tayini için bir yöntem önerilmektedir. Bu yöntem kandaki glukoz tayini için uygun cevaplar verdi (Sierra vd., 1997:1471). FTIR spektroskopisi, yirmi sekiz hastadan alınan tam kan örneklerinde glikoz konsantrasyonlarının belirlenmesi için kullanılmıştır (Shen vd., 2003: 129). Kandaki glukozz miktarı iyodüre duyarlı iyon seçici elektroda glukoaz enzimi tutturularak da tayin edildi (Kalayci

vd., 2005:87). Mikro taramalı elektron mikroskopisi ile nitro selülozdan yapılmış membran kullanılarak glukoz tayini başka bir teknikle yapıldı (Torul vd., 2015:8243). Kandaki glukozun, yüksek hassasiyet ve seçiciliğe sahip nanokarbon modifiye edilmiş elektrot ile elektrokimyasal olarak tayini hızlı bir şekilde gerçekleştirildi (Zheng vd., 2018:42).

Ürikaza dayalı florometrik enzimatik yöntemle serumdaki ürik asidin doğrudan tayini yapıldı (Galban vd., 2001:847). İdrarda ve kan serumunda ürik asit tayini için seçici ve hassas elektrokimyasal işlem görmüş kurşun kalem grafit elektrotları kullanıldı ve iyi sonuçlar verdi (Özcan ve Şahin, 2010:2497). ZnO nano kürelerde hareketsizleştirilmiş ürikaz enzimi ile ürik asit, potansiyometrik tayini gerçekleştirildi (Ali vd., 2011:241). Modifiye edilmiş camsı karbon elektrodun yer aldığı voltametrik yöntemle ürik asit tayini yapıldı. Düşük derişimlere ulaşıldı (Movlaee , 2017: 3241). Karbon kuantum noktalarının demir ve nitrojen ile sentezinden oluşan Passiflora edulis'ten ve peroksidaz aktivitelerinden ürik asit miktarı kolorimetrik yöntemle ölçüldü (Liang vd., 2020: 405).

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Kullanılan Cihazlar ve Kimyasallar

Bu çalışmada kan örnekleri Gazi Üniversitesi Biyokimya Laboratuvarından alındı. Bu numuneler, Speed wave mikrodalga yakma sistemi ile çözünürleştirildi. Numunelerdeki glukoz ve ürk asit miktarları ise Entek marka polarografik analiz cihazı kullanıldı.

Ayrıca bu çalışmada kullanılan çözücüler ve kimyasal tuzlar analitik saflıkta olup, Merck marka kullanılmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Numunelerin Çözünürleştirilmesi

Hastanenden alınan kan örnekleri, yaklaşık 500 mg olacak şekilde tartıldı. Üzerlerine 5 mL derişik nitrik asit ve 2 mL derişik perklorik asit ilavesi yapıldı. Uygun basıç ve sıcaklık seçilerek yaklaşık 1 saat süre de numuneler çözünürleştirldi. Çözünen örnekler, 10 mL lik balon jojelere alınarak hacimleri ultra saf su ile 10 mL ye tamamlandı.

3.2. Glukoz ve Ürik Asidin Tayin Mekanizmaları

Çözülen kan örneklerine önce glukoaz enzimi eklenip açığa çıkan hidrojen peroksit üzerinden glukoz tayini gerçekleştirildi.

Glukoz + Glukoaz enzimi $\longrightarrow$ Glukonik asit + H_2O_2 (-1.0 V da piki görülmektedir) (1)

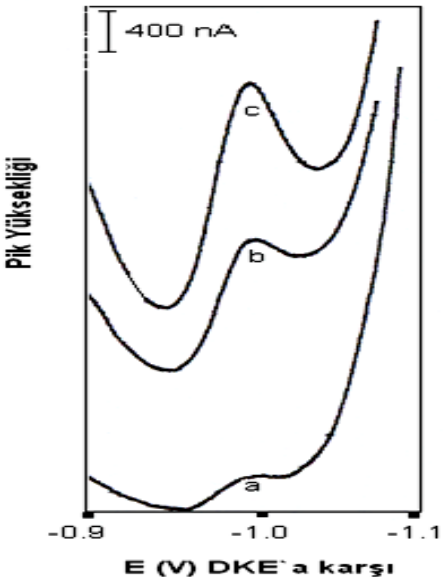
Ardından kan örneklerinde üreaz enzimi eklendiğinde açığa çıkan hidrojen peroksit üzerinden ise ürik asit miktarı ölçüldü.

Ürik Asit + O_2 + Üreaz enzimi $\longrightarrow$ Allontoin + H_2O_2 (2)

3.3. Kandaki Glukozun ve Ürik Asidin DPP ile Tayini

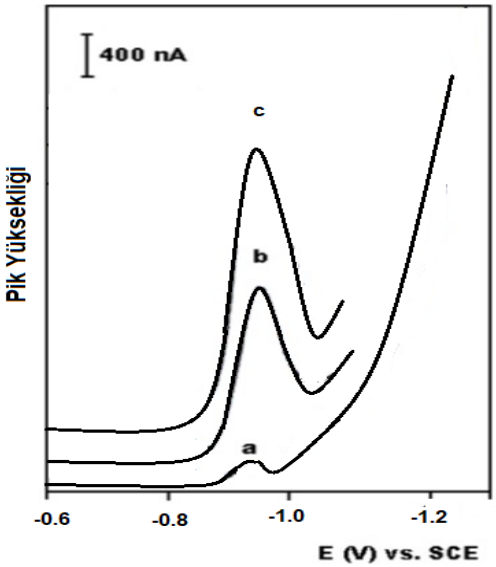
Hücremize önce 15 mL pH=7.0 fosfat tamponu ilave edildi. Çözeltide çözünmüş olan oksijenin uzaklaştırılması için 5 dakika azot gazı geçirilip, polarogramı alındı. Glukoaz enziminden birkaç damla ilave edildikten sonra glukozdan açığa çıkan yaklaşık -1.0 V daki pik hidrojen perokside ait olduğu tespit edildi. Üzerine iki defa standart glukoz miktarı eklenerek pik yüksekliğinin arttığı şekil 1 de görüldü. Bu işlem 4 farklı kan örneğine uygulandı.

Şekil 1. Diferansiyel puls polarografisi ile glukoz tayini polarogramı.



Ürik asit tayini için ise bu sefer hücremize önce 15 mL pH=7.0 fosfat tamponu ilave edildi. Çözeltide çözünmüş olan oksijenin uzaklaştırılması için 5 dakika azot gazı geçirilip, polarogramı alındı. Üreaz enziminden birkaç damla ilave edildikten sonra ürik asitten açığa çıkan yaklaşık -0.9 V daki pik hidrojen perokside ait olduğu tespit edildi. Üzerine iki defa standart ürik asit miktarı eklenerek pik yüksekliğinin arttığı şekil 2 de görüldü. Bu işlem 4 farklı kan örneğine uygulandı.

Şekil 2. Diferansiyel puls polarografisi ile ürik asit tayini polarogramı.



Tüm kan örneklerine bu yöntem uygulandı. Her bir numuneden 5`er defa ölçümler yapıldı. Sonuçlar % 95 güven aralığı seviyesinde hesaplandı. Sonuçlar hastaneden alınan sonuçlarla karşılaştırıldı ve birbirleriyle uyumlu olduğu tablo 1 de görülmektedir.

Tablo 1. Kan örneklerindeki glukoz ve ürik asit miktarlarının hastane sonuçlarıyla karşılaştırılması.

Nu-mune	DPP ile Bulunan Glikoz miktarı mg/L	Tıp Fak. Glikoz miktarı mg/L	DPP ile Bulunan Ürik Asit miktarı mg/L	Tıp Fak. Ürik Asit miktarı mg/L
1	76 ± 1.2	75	6.6 ± 0.4	6.5
2	89 ± 1.4	91	7.1 ± 0.7	7.2
3	105 ± 2.1	105	7.3 ± 1.2	7.5
4	146 ± 3.6	150	8.4 ± 1.6	8.3

4. SONUÇ

Kan örneklerinde glukoz ve ürik asidin tayinlerinin yapılması son derece önemlidir. Hassaiyeti ve seçiciliği yüksek olan diferansiyel puls polarografisi yöntemi bu analizlerde kullanıldı. Analizler enzim ilaveleriyle açığa çıkan hidrojen peroksit pikleri üzerinden gerçekleştirildi. Elde edilen sonuçlar hastane laboratuvarındaki sonuçlarla karşılaştırıldı ve birbiriyle uyumlu olduğu tespit edildi.

KAYNAKLAR

TRINDER, P. (1969). **“** Determination of Glucose in Blood using Glucose Oxidase with an alternative oxygen acceptor” Ann. Clin. Biochem. 1969 (6):24-27.

MASOOM, M ve TOWNSHEND, A. (1985). “Determination of glucose in blood by flow injection analysis and an immobilized glucose oxidase column” Anal. Chimica Acta 1985 (166):111-118.

SİERRA, JF, GALBA´ N, J ve CASTİLLO, JR. (1997). “Determination of glucose in blood based on the intrinsic fluorescence of glucose oxidase” Anal. Chem. 1997 (69): 1471-1476.

GALBA´N, J, ANDREU, Y, ALMENARA, MJ, DE MARCOS, S ve CASTİLLO, JR. (2001). "Direct determination of uric acid in serum by a fluorometric-enzymatic method based on uricase" Talanta 2001 (54): 847-854.

SHEN, YC, DAVIES, AG, LINFIELD, EH, TADAY, PF, ARNONE, DD ve EL-SEY, TS.(2003). "Determination of glucose concentration in whole blood using fourier-transform infrared spectroscopy" J. Of Bio. Physics. 2003 (29): 129-133.

KALAYCI, S, SOMER, G ve EKMEKCİ, G. (2005). " Preparation and application of a new glucose sensor based on iodide ion selective electrode" Talanta 2005 (65):87-91.

ÖZCAN, A ve ŞAHİN, Y. (2010). "Preparation of selective and sensitive electrochemically treated pencil graphite electrodes for the determination of uric acid in urine and blood serum" Biosensors and Bioelectronics 2010 (25):2497-2502.

ALİ, SMU, ALVİ, NH, IBUPOTO, Z, NUR, O, WİLLANDER, M ve DANİELS-SON, B. (2011). "Selective potentiometric determination of uric acid with uricase immobilized on ZnO nanowires" Sensors and Acq. B 2011 (152): 241-247.

TORUL, H, ÇİFTÇİ, H, ÇETİN, D, SULUDERE, Z, BOYACI, IH ve TAMER, U. (2015). "Paper membrane-based SERS platform for the determination of glucose in blood samples" Anal Bional. Chem 2015 (407: 8243-8251.

MAULAEE K. (2017). " Highly Selective Differential Pulse Voltammetric Determination of Uric Acid using Modified Glassy Carbon Electrode" Int. Journal of Electrochem Science 2017 (12-4):3241-3251.

ZHENG, W, WUB, H, JİANG, Y, XU, J, Lİ, X, ZHANG, W ve QİU, F. (2018). "A molecularly-imprinted-electrochemical-sensor modified with nanocarbon-dots with high sensitivity and selectivity for rapid determination of glucose" Anal. Biochem. 2018 (555):42-49.

LİANG, C, LAN, Y, SUN, Z, ZHOU, L, Lİ, Y, LİANG, X ve QİN, X. (2020). " Synthesis of carbon quantum dots with iron and nitrogen from Passiflora edulis and their peroxidase-mimicking activity for colorimetric determination of uric acid" Microchimica Acta 2020 (187):405-415.

KOYUN VE İNEK KARACİĞERİNDE ATOMİK ABSORPSİYON SPEKTROSKOPİSİ İLE B12 VİTAMİNİ TAYİNİ

Dr. Öğr. Gör. Şükrü KALAYCI
Gazi Üniversitesi

ÖZET: B12 vitamini, kobalamin adıyla da bilinen bir vitamin türüdür. B12, DNA sentezi, sinir sistemi, kırmızı kan oluşumu ve bağışıklık sistemi dahil olmak üzere birçok metabolizma aktivitesinde rol oynar. Bu nedenle B12 vitamini tayininde duyarlılığı yüksek olan AAS yöntemini seçtik. Bu tayin, vitamin B12 yapısında bulunan kobalt ile mümkün olmuştur. Çubuk ilçesinden getirilen koyun ve inek ciğerleri, mikrodalga çözünürleştirici cihazında uygun asit karışımları kullanılarak çözüldü. Grafit fırınlı Atomik Absorpsiyon (AAS) cihazında arsenik hidrürlerine dönüştürülerek 193.7 nm dalga boyunda tayinleri yapıldı. Aynı numune diferansiyel puls polaragrafi (DPP) ile yapılarak sonuçların birbirine yakın olduğu tespit edildi.

Anahtar Kelimeler: Kobalt, B12 Vitamini, AAS, DPP, Tayin.

Determination of Vitamin B12 by Atomic Absorption Spectroscopy in Sheep and Cow Liver

ABSTRACT: Vitamin B12 is a type of vitamin also known by the name cobalamin. B12 is involved in many metabolism activities, including DNA synthesis, nervous system, red blood formation and immune system. Therefore, we chose the DPP method, which has a high sensitivity for the determination of vitamin B12. This determination was possible with cobalt present in vitamin B12 structure. Sheep and cow livers brought from Çubuk township were thawed in a microwave solubilizer device using appropriate acid mixtures. They were converted into arsenic hydrides in a graphite furnace Atomic Absorption (AAS) device and their determinations were made at 193.7 nm wavelength. The same sample was made with differential pulse polargraphy (DPP) and the results were found to be close to each other.

Keywords: Cobalt, Vitamin B12, AAS, DPP, Determination.

1. GİRİŞ

B12 Vitamini, kobalamin olarak da bilinen bir vitamin türüdür ve diğer B vitaminleri gibi suda çözünen bir vitamindir. Başta DNA sentezi, sinir sistemi, bunun oluşumu ve bağışıklık sistemi olmak üzere birçok metabolizma faaliyetinde yer almaktadır. Kimyasal yapısı oldukça karmaşıktır. Orta bölgede çok nadir bulunan bir biyokimyasal kobalt minerali vardır ve bu kobalamin adını bu mineralden almıştır. B12, kobalt analizi kullanılarak yapılır. Atomik Absorpsiyon Spektroskopi yöntemleri, kobalt tayininde yüksek duyarlılıkları nedeniyle tercih edilmektedir.

B12 vitamini, kuru yemlerde atomik absorpsiyon spektrofotometrisi (AAS) ile belirlendi. Önerilen prosedürün duyarlılığı 1 mg vitamin B12 / lb'dir. Prosedür hızlı ve kesindir ve sonuçlar AOAC yöntemi 43.109 ile olumlu şekilde karşılaştırılır (Whitlock vd., 1976:580).

Bir iç minyatür kap kullanılarak katı örnekleme tekniği ile elektrotermal atomizasyon atomik absorpsiyon spektrometresi ile katı farmasötik örneklerde kobalt olarak B12 vitamini tayini için hızlı bir yöntem oluşturmak için bir araştırma yapılmıştır (Akatsuka ve Atsuya, 1989:200).

Nikel ve kobalt, atomik spektrometri kullanılarak vitamin B12 formülasyonlarında eş zamanlı olarak denendi. Önerilen yöntem, belirli Ni ve Co spektral çizgilerinin yakınlığı ile numunelerdeki analitlerin göreli bolluğu arasındaki bir uzlaşmaya dayanmaktadır. Analitler, ticari B12 vitamini numunelerinde 9.48 ila 26.20 µg L-1 (Ni) ve 156.90 ila 279.25 mg L-1 (Co) arasında değişen konsantrasyonlarda bulunmuştur (Adolfo vd., 2016:241).

Yumurta sarısında kobalt ve eser seviyelerde Vitamin B12 tayini için değiştirilebilir bir çözücü bazlı sıvı faz mikro ekstraksiyonu (SS-LPME) önerilmiştir. Tayinlerde alevli atomik absorpsiyon spektroskopisi kullanılmıştır (Tekin vd., 2019:500).

Tavuk karaciğerinde hem ağır metaller hem de B12 vitamini tayini AAS kullanılarak tayin edilmiştir (Ideris and Sulaiman, 2017:225).

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Kullanılan Cihazlar ve Kimyasallar

Bu çalışmada numuneler, Speed wave mikrodalga yakma sistemi ile çözünürleştirildi. Numunelerdeki B12 tayinlerinde ise Pelkin Elmer PinAAcle 500 model atomik absorpsiyon spektroskopi cihazı kullanıldı.

Ayrıca bu çalışmada kullanılan çözücüler ve kimyasal tuzlar analitik saflıkta olup, Merck marka kullanılmıştır.

3. SONUÇ VE TARTIŞMALAR

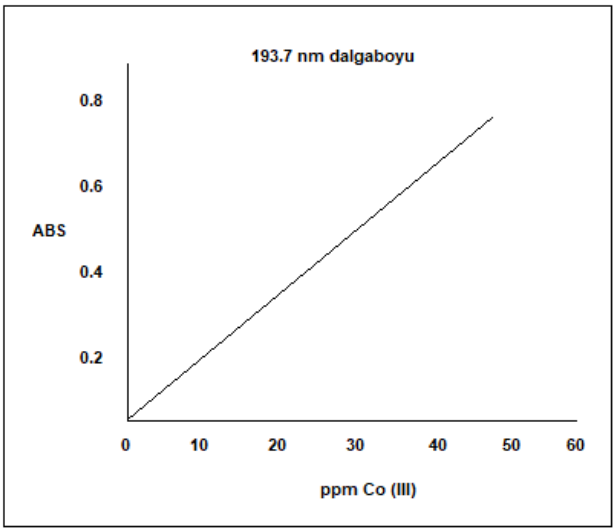
3.1. Numunelerin Çözünürleştirilmesi

Ankara Çubuk ilçesinden getirilen küçükbaş hayvan karaciğer örnekleri A1, A2, A3 ve A4 olarak, büyükbaş hayvan karaciğer örnekleri ise B1, B2, B3 ve B4 olarak adlandırıldı. Bu numunelerden alınan 500`er mg örneklere, 5`er mL HNO_3 ilavesi yapıldı. Mikro dalga yakma sisteminde uygun sıcaklık ve basınç eşliğinde yaklaşık bir saat sürede örnekler çözünürleştirildi. Bu örnekler 10`ar mL lik balon jojelere alınarak hacimleri ultra saf su ile 10 mL ye tamamlandı.

3.2. Numunelerdeki B12 miktarının AAS ile Tayini

Atomik absorpsiyon cihazımız ile B12 tayini dolaylı olarak kobalt üzerinden yapıldı. Bunu için önce cihazımıza kobalt lambası takıldı ve dalgaboyu 193.7 nm ye ayarlandı. Standart kobalt çözeltilerinden 0-50 ppm arasındaki çözeltilerin absorbans değerleri ölçülerek şekil 1 deki kalibrasyon grafiği elde edildi. Ardından numunelerdeki kobalt tayinleri yapılarak B12 vitamin miktarları hesaplandı. Sonuçlar tablo1 de görülmektedir.

Şekil 1. Atomik Absorpsiyon Cihazı İle Co (III) İyounu Kalibrasyon Grafiği



Tablo 1. AAS ile Numunelerdeki Ölçülen B12 Miktarları

Numune	AAS ile Ölçülen mg B12 vitamini miktarı (%95 Güven Aralığı ve N=5 Ölçüm için)
A1	2.81 ± 0.53
A2	2.65 ± 0.42
A3	2.92 ± 0.56
A4	3.02 ± 0.58
B1	41.52 ± 1.33
B2	40.05 ± 0.95
B3	42.11 ± 1.64
B4	43.22 ± 1.78

3.3. Numunelerdeki B12 miktarının DPP ile Tayini ve Karşılaştırılması

Elde edilen değerlerin doğruluğunu göstermek için aynı numunelerdeki B12 miktarları diferansiyel puls polarografisi (DPP) ile ölçüldü. Sonuçların birbirine yakın olduğu tablo 2 de görülmektedir.

Tablo 2. Numunelerdeki B12 vitamin değerlerinin AAS ve DPP ile Karşılaştırılması (% 95 Güven aralığı ve N=5 ölçüm için)

Numune	AAS ile Ölçülen mg B12 vitamini	DPP ile Ölçülen mg B12 vitamini
A1	2.81 ± 0.53	2.83 ± 0.46
A2	2.65 ± 0.42	2.64 ± 0.44
A3	2.92 ± 0.56	2.91 ± 0.56
A4	3.02 ± 0.58	3.03 ± 0.62
B1	41.52 ± 1.33	40.11 ± 1.12
B2	40.05 ± 0.95	41.26 ± 1.43
B3	42.11 ± 1.64	42.32 ± 1.75
B4	43.22 ± 1.78	42.81 ± 1.68

4. SONUÇ

İnsan sağlığı için önemli olan B12 vitamini, kobalt tayini üzerinden çok kısa sürede ve yüksek duyarlılıkla ölçüldü. Numuneler, mikro dalga yakma sistemi ile çözünürleştirildi. Ölçümlerimizde atomik absorpsiyon cihazı kullanıldı. Elde dilen değerlerin validasyonu elektrokimyasal bir yöntem olan diferansiyel puls polarografisi ile yapıldı. Sonuçların birbiriyle uyumlu olduğu tespit edildi.

KAYNAKLAR

AKATSUKA, K ve ATSUYA, I. (1989). "Determination of vitamin B12 as cobalt by electrothermal atomic absorption spectrometry using the solid sampling technique", Fresenius Z Anal Chem, 1989 (335) : 200-204.

WHİTLOCK, LL, MELTON, JR ve BİLLİNGS TJ. (1976). "Determination of Vitamin B_{12} in Dry Feeds by Atomic Absorption Spectrophotometry" Journal of Association of Official Analytical Chemists, 1976 (59-3): 580–581.

ADOLFO, FR, NASCİMENTON, PC, BOHRER, D, CARVALHO, LM, VİANA, C, GUARDA, A, COLİM, AN, MATTİAZZİ, P. (2016). " Simultaneous determination of cobalt and nickel in vitamin B12 samples using high-resolution continuum source atomic absorption spectrometry" Talanta, 2016 (147): 241–245.

IDERİS, NASB ve SULAİMAN, A. (2017). "Determination of copper, zinc, lead and cadmium in chicken liver by atomic absorption spectroscopy" eProceedings Chemistry, 2017(2): 225-230.

TEKİN Z, ERARPAT, S, ŞAHİN, A, CHORMEYA, DS, BAKIRDERE, S. (2019). "Determination of Vitamin B12 and cobalt in egg yolk using vortex assisted switchable solvent based liquid phase microextraction prior to slotted quartz tube flame atomic absorption spectrometry" Food Chemistry, 2019 (286): 500-505.

FARKLI EMÜLGATÖRLERİN KEKLERİN KALİTE KRİTERLERİNE ve RAF ÖMRÜNE ETKİSİ

Dr. Öğr. Gör. İzzet ÖZHAMAMCI
Ardahan Üniversitesi

ÖZET: "Emülgatörler (yüzey aktif maddeler), polar ve apolar uçlara sahip olan ve bu sayede birbiri içinde karışmayan maddelerin homojen olarak birbirleriyle karışmasına yardımcı olan önemli gıda katkı maddelerinden biridir. Bu katkı maddesi; emülsiyon yapıcı, süspansiyon oluşturucu, çözünmeyi kolaylaştırıcı, kompleks oluşturucu, nemlendirici, stabilizör ve diğer birçok özelliği nedeniyle kullanılmaktadır. Un, şeker, yağ, yumurta, kabartma tozu, su, süt ve tatlandırıcı kullanılarak hazırlanan hamurun pişirilmesiyle elde edilen yumuşak buğday ürünlerinden olan kek ise farklı formülasyonlarda ve/veya şekillerde üretilen hazır bir gıda ürünüdür. Emülgatörler kek hamurunda özgül ağırlığı azaltmakta, viskoziteyi artırmakta ve kekin homojen, parlak bir görünüme kavuşmasında etkili olmaktadır. Bununla birlikte, pişmiş keklerde özgül hacim ve yenebilme kalitesini artırarak kek içinin yapısal özelliklerinin gelişimine yardımcı olmakta ve bu faktörlerin etkisiyle raf ömrünü uzatmaktadır. Bu çalışmada, farklı emülgatörlerin keklerin bazı kalite özellikleri ve raf ömrü üzerindeki etkileri ile ilgili bilgiler verilmiş, yapılan çalışmalar derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: emülgatör, yüzey aktif madde, kek, raf ömrü, süspansiyon

Effect of Dıfferent Emulgators on Qualıty Criteria and Shelf Life of Cakes

ABSTRACT: Emulsifiers (surfactants) are one of the important food additives that have polar and apolar ends, thus helping substances that do not mix with each other to mix homogeneously with each other. This additive; It is used because of its emulsifier, suspending, dissolution facilitating, complexing, moisturizing, stabilizer and many other properties. Cake, which is made of soft wheat products made by baking the dough prepared using flour, sugar, oil, egg, baking powder, water, milk and sweetener, is a ready-made food product produced in different formulations and / or shapes. Emulsifiers reduce the specific gravity of the cake dough, increase the viscosity and are effective for the cake

to have a homogeneous and shiny appearance. However, by increasing the specific volume and edibility of baked cakes, it helps the development of the structural properties of the cake interior and extends the shelf life with the effect of these factors. In this study, information about the effects of different emulsifiers on some quality properties and shelf life of cakes has been given and the studies have been compiled.

Key Words: emusifier, surfactant, cake, shelf life, suspension

1. GİRİŞ

Kek genel bir ifade ile un, şeker, yağ, yumurta, kabartma tozu, su, süt ve tatlandırıcı kullanılarak hazırlanan hamurun pişirilmesiyle elde edilen bir unlu mamuldür (Mercan 1998).Diğer bir ifade ile kek, orta kuvvette %8-9 proteinli ince çekilmiş yumuşak buğday ununa şeker, yağ ve yumurta ilavesi ile hazırlanan yumuşak hamurun, usulüne göre pişirilmesiyle elde edilen hazır gıda maddesidir (Elgün ve Ertugay, 1997:411).

Endüstriyel kek üretiminde geleneksel görünüş ve lezzette ürün üretmek, artan çeşitlilik, uzun raf ömrü sağlama, kalite muhafazası gibi nedenlerle bir kısım katkı maddesi kullanılmaktadır. Bu amaçla, kek endüstrisinde işlevleri nedeniyle yaygın olarak kullanılan katkı maddelerinden biri yüzey aktif maddelerdir (Özer vd., 2004).

Yüzey aktif maddeler, sahip oldukları polar ve apolar uçlarla birlikte, birbiri içinde karışmayan maddelerin homojen olarak birbirleriyle karışmasına yardımcı olurlar (Dizlek, 2002).

Yüzey aktif maddeler, gıda endüstrisinde emülsiyon yapıcı, süspansiyon oluşturucu, çözünmeyi kolaylaştırıcı, kompleks oluşturucu, nemlendirici, stabilizör ve diğer birçok özelliği nedeniyle kullanılan katkı maddeleridir (Çakmakçı ve Çelik, 2004). Kek hamurunda özgül ağırlık azalmasına, viskozite artmasına ve kekin homojen, parlak bir görünüme kavuşmasında etkili olurken, pişmiş keklerde ise özgül hacim ve yenebilme kalitesini artırır ve kek içinin yapısal özelliklerinin gelişimine yardımcı olarak raf ömrünü uzatır (Baker et al. 1990).

Günümüzde emülgatör terimi yerine emülsiyon sağlayıcı madde, yüzey aktif madde ya da surfaktan terimleride kullanılmaktadır.

Uluslararası Gıda Kodeks Komisyonu (CAC) emülgatörü "gıdada yağ ve su gibi birbirleri ile karışmayan iki veya daha fazla fazın karışmasını sağlamak amacıyla ilave edilen maddeler" olarak tanımlamaktadır.

Emülgatörler, iyonik yükleri baz alındığında, anyonik, katyonik, non-iyonik ve amfoterik; hidrofilik-lipofilik dengesi (HLB) baz alındığında, hidrofilik ve lipofilik; çözünürlükleri baz alındığında, çözünürlüğü yüksek ve çözünürlüğü düşük; bulunma şekli baz alındığında toz, granül, sıvı ve macun kıvamında olmak üzere sınıflandırılmaktadır (Ebeler ve Walker, 1984:380; Faridi, 1994; Wijnans et al., 1997:35).

Emülgatörlerin önemli özelliklerinden birinin de bayatlamayı geciktirmesi olduğu bildirilmektedir. Emülgatörler bayatlamayı geciktirme işlemini yüzey alanını artırıp nem kaybını yavaşlatarak ve nişastanın amiloz fraksiyonu ile kompleks oluşturup nişastanın jelatinizasyonunu geciktirerek yapmaktadırlar (Baker et al., 1990:451; Henry, 1995:734; Friberg, 1997:3).

Emülgatörler kek hamurunda; özgül ağırlık azalmasında, viskozite artmasında ve kekin homojen, parlak bir görünüme kavuşmasında etkili olmaktadır.

Pişmiş keklerde ise emülgatörler; özgül hacim ve yenebilme kalitesinin artırmakta ve kek içinin yapısal özelliklerinin gelişimine yardımcı olarak raf ömrünü uzatmaktadır (Köklü, 2007).

Fırın ürünlerinin çoğunluğunda kullanılan emülgatörler, üretim esnasında kekte arzu edilen yapı oluşana kadar uygun havalandırma ve homojen kabarcıkların oluşmasında rol almaktadırlar (Sahi and Alava, 2003:1419).

Emülgatörlerin önemli özelliklerinden biri de bayatlamayı geciktirmesidir. Emülgatörler bayatlamayı geciktirme işlemini yüzey alanını artırıp nem kaybını yavaşlatarak ve nişastanın amiloz fraksiyonu ile kompleks oluşturup nişastanın jelatinizasyonunu geciktirerek yapmaktadırlar (Wang et al., 2015:297). Emülgatörlerin, unlu mamüllerde unun nişasta ve protein fraksiyonları arasındaki etkileşimlerinin kuvvetini azalttığı ve fazla uygulandığında oldukça kırılgan bir ürüne yol açabileceği bilinmektedir (Rodríguez-García et al., 2014:173). Bir nişasta kompleksinde, emülsiyonlaştırıcı moleküllerin doğrusal yağ asit zinciri, amilozun sarmal yapısı içine dâhil edilir (Stauffer et al., 2005:1). Oluşan bu kompleks yapılar, çözünmüş amilozda daha fazla fiziksel değişiklik yapılmasının önüne geçer ve nişasta retrogradasyonunu azaltır (Krog and Sparso, 2004:141).

Emülgatörler hamurdaki yağın daha etkin olmasını sağlamaktadır. Böylece daha etkin hale gelen yağ, nişasta ve protein molekülleri arasında kolayca hareket ederek dağılabilmektedir. Bunun neticesi olarak da arzu edilen yumuşaklıkta ve gevreklikte kekler elde edilmektedir (Yücel, 2009).

Keklerde emülgatörlerin; kek hamurlarına hava girmesini kolaylaştırmak, pişirme sırasında gaz kabarcıklarını stabilize etme yetenekleri (Sahi and Alava,

2003:1419), hidrofobik kısımlar yağın kristal büyümesini veya polimorfik geçişlerini hızlandırma veya yavaşlatma (Fu et al., 2018:213) gibi olumlu etkileri vardır.

Emülgatörlerin istenen aktiviteyi gösterebilmeleri için; su ile birlikte kristallenme göstermemeli, hidrofobik özelliği yüksek olmalı, su ile polar etkileşim göstermeli ve molekül ağırlığı yüksek olmalıdır (Hasenhuettl and Hartel, 2008:285).

Tüketiciler ürünün yumuşak, süngerimsi ve daha az kırıntılı olmasını aynı zamanda belli bir direnç derecesine sahip olmasını ve kolayca ufalanmamasını da arzu etmektedirler. Kekde, bu özellikler depolama süresiyle birlikte istenmeyen yönde değişir ve üründe mikrobiyolojik bozulma başlamadan evvel tüketiciler tarafından arzu edilmeyen hale gelir (Hough et al., 2003:359). Kek tazeliğinin korunması, depolama sırasında bozulmasının, yani kek içinin sıkılaştırılmasından sorumlu olan mekanizmaların geciktirilmesi ile ilişkilidir. Bu arzu edilmeyen durum, esasen kekten su göçü, yeniden dağılma ve aynı zamanda nişasta retrogradasyonu ile ilgilidir (Gray and Bemiller, 2003:1; Wilderjans et al., 2013:6). Emülgatörlerin kullanımı bu arzu edilmeyen reaksiyonu geciktirmektedir.

Köklü, 2007 yılında mono ve digliserit, yağ asitlerinin poligliserol esterleri ve yağ asitlerinin propilen glikol esterleri gibi emülgatörler kullanarak keklerde, bu emülgatörlerin toz formları ile homojen dağılmadığı ve topaklanma gibi sorunların oluştuğu gözlemlenmiş, jel formlarının kullanıldığı durumda ise daha homojen ve parlak bir yapı kazandıkları belirlenmiştir. Ayrıca, emülgatörlerin kullanım düzeylerinin artışı ile birlikte kekin hacim, simetri, yumuşaklık değeri ve nem içeriğinin arttığı gözlemlemiştir. Emülgatörlerin tek başlarına değil kombine edilerek kullanımının kekin özelliklerine daha olumlu etki edeceği de belirtilmiştir. Aynı çalışmada % 1.5 oranında ilave edilen emülgatör karışımlarından birinin ağızda mono propilen glikol tadı bıraktığı ve bu nedenle %1.5 ve üstü oranlarda kullanımının araştırılması gerektiği belirtilmiştir.

Mercan, 2008 yılında üç farklı un ve yaygın olarak kullanılan lesitin, sodyum stearol-2-laktilat (SSL), mono ve digliseritler ile mono ve digliserit türevi emülgatör kullanılan bir çalışmada, pişirilen keklerde hacim, simetri ve tekdüzelik indeksleri ile kekin iç yapısal ve duyusal özelliklerini incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre; mono ve digliserit kullanılarak yapılan keklerin diğerlerinden farklı özellikler gösterdiği ve bunların duyusal değerlendirmede en yüksek puanı aldığı, lesitin kullanılarak yapılan kekler ile kontrol keklerinin benzer içyapısal özellikler gösterdiği ve duyusal değerlendirmede en düşük puanı aldığı belirlenmiştir.

Turabi vd., 2008 yılında farklı emülgatör karışımları ve gamlarla formüle edilmiş pirinç keklerinde reolojik ve kalite özelliklerini incelemişler ve emülgatörler ile

birlikte kullanılan farklı gamların içerisinde özgül hacim değeri açısından en iyi değerin ksantan gam ile birlikte kullanılan emülgatörlerde olduğunu tespit etmişlerdir. Tüketici tercihleri açısından kek hacminin yüksek olması arzu edilen bir durum olduğundan bulunan bu değer önemlidir. Yine aynı çalışmada kek içi sertlik değerinin GMS kullanımı ile azaldığı ve ksantan gam kullanımının GMS ile sinerjetik etki yaparak sertliğin azalmasına etki ettiği tespit edilmiştir.

Indrani and Rao, 2003 yılında yüzey aktif maddelerin hamurun reolojik özellikleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada Yüksek HLB değerine sahip PS-60 ve SSL gibi emülgatörlerin ürünün kalite gelişimi üzerine olumlu etkileri olduğunu bulmuşlardır.

Manisha et al., (2012:363), un miktarına göre %0,5 oranında GMS, SSL ve PS-60 emülgatörleri ilave ederek kek üretmişler ve PS-60 kullanımının karışım esnasında viskoziteyi artırdığını, GMS ve SSL kullanımının ise önemli ölçüde ($p<0,05$) viskoziteyi azalttığını belirlemişlerdir. Emülgatörlerden PS-60, kek hamurunda küçük ve orta büyüklükteki hava kabarcıklarının birleştirilmesinde ve dağıtılmasında diğerlerinden daha iyi sonuç vermiştir. Emülgatör ilavesi ile sertlik değerinde azalma olmuş, en çok azalma PS-60 ilave edilen keklerde gerçekleşmiştir. Bunu sıra ile SSL ile GMS takip etmiştir. Yapışkanlık değerinde ise sertlik değerinin tam tersi olarak artma olmuş, en çok artma PS-60 ilave edilen keklerde gerçekleşmiştir. Bunu sıra ile SSL ve GMS takip etmiştir. Emülgatör ilavesinin kek içi rengini daha açık renkli, daha iyi ve tek düze bir yapıya kavuşturduğunu görmüşlerdir. Yine yapının yumuşak olduğunu, keklerin kolayca parçalanabildiğini ve çiğneme sırasında ağızda kalıntı oluşumu göstermediğini bulmuşlardır.

Deeptanshu et al., (2012:1473), yaptıkları bir çalışmada, keklerin kalitesini geliştirmek için %0,5 oranında polisorbat-60 ve SSL emülgatörleri kullanmışlar ve her iki emülgatörün kullanılmasında kek hacminde artış olduğunu ve Polisorbat-60 kullanıldığında en yüksek hacimli kekler elde edildiğini bulmuşlardır. Yine başka bir çalışmada, polisorbat-60 kullanılan keklerde en yüksek hacmin elde edildiği ve bunu SSL, GMS ve sorbitan monostearatın takip ettiği belirlenmiştir (Jyotsna et al., 2004:16). Emülgatörlerin, hava tutulmasını arttırdığı, özgül ağırlığı azalttığı, daha ince bir yağ dağılımı meydana getirdiği ve nihai kek hacmini arttırdığı bildirilmiştir (Mercan, 1998; Dizlek, 2002).

Sahi and Alava, (2003:1419) tarafından yapılan bir çalışmada, emülgatörlerden gliserol mono stearat ve poligliserol ester eklenmesinin, kek hamurunda suyun bağlanması ve hamurun akışkanlığının yanı sıra hava/sulu faz ara yüzünün gerilimi-

nin azaltılmasına yardımcı olduğu, ayrıca emülgatörün konsantrasyonunun arttırılmasının, karıştırma esnasında hamur içinde tutulan hava kabarcıklarının dağılımı ve büyüklüğünü, bunun yanında pişmiş kekin hacmini etkilediği bulunmuştur. Gujral et al., (2003:89) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, artan emülgatör seviyelerinin, özgül ağırlık, yüzey gerilimi, yoğunluk katsayısı ve hava kabarcığı çaplarını azalttığı, kek hacminin ise artan emülgatör seviyeleriyle arttığı, kek içinin tekstür profili analizinde ise artan emülgatör seviyelerinin kek içi sertliğini ve yapışkanlığı azalttığı tespit edilmiştir.

Bir başka çalışmada, hidroksi propil metil selüloz (HPMC) hidrokolloiti ve SSL emülgatörü kullanılarak kek üretimi yapılmış ve keklerin daha düşük sertlik, yapışkanlık, çiğneme değerlerine sahip olduğu, aynı zamanda emülgatör kullanımı ile bayatlamanın azaldığı bulunmuştur (Paraskevopoulou et al., 2015:72).

Fu et al., (2018:213) tarafından yapılan bir çalışmada, GMP40 ve GMS40 emülgatörlerinin keklerde kullanılan shorteninglerin fonksiyonları üzerine etkileri incelenmiş ve emülgatörlerin kek yapımında daha ince kristal oluşumunu sağlayarak kek hamurunda daha fazla hava tutulmasına yardımcı olduğu ve böylece kekin hacminin ve gözenek yapısının gelişmesinde shorteninglerin etkisine katkı sağladığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, kek yapımında emülgatörlerin kullanılması ile beraber keklerin duyusal özelliklerini taklit etmek için kullanılan tekstür değerlerinden elastikiyet, sertlik, çiğnenebilirlik, yapışkanlık ve esneklik değerlerinde önemli ölçüde azalma gerçekleştiği belirlenmiştir.

Rodríguez-García et al., (2014:173) tarafından yapılan bir çalışmada da, 0,5g/100g emülgatör ilavesinin kontrole göre yapışkanlık değerini azalttığı belirlenmiştir. İlave edilen miktarı 1g/100g yaptıklarında ise yapışkanlık değerinde önemli düzeyde artış olduğu ve 24 saatlik bir depolama sonunda sertlik değerlerinde kontrol örneğine göre daha yüksek değerler elde edildiği tespit edilmiştir.

Taarji et al., (2018:457) farklı inkübasyon sıcaklıklarında, Tween 20 veya %50 (v/v) etanolik ekstrat kullanılarak hazırlanan emülsiyonların keklerde uzun süreli depolama stabilitesini inceledikleri çalışmada genel olarak, tüm depolama süresince görsel görünümde hiçbir değişiklik olmadığını gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte, 45°C'de depolama yapıldığında, argan ekstrakt bazlı emülsiyonlarda damlacık boyutunda küçük bir artış elde etmişlerdir. Bu sonuçlara göre, her iki emülsiyonlaştırıcının, farklı etki mekanizmaları kullanarak damlacıkların birikmesini önleme konusunda etkili olduklarını belirtmişlerdir. Tween 20 kaplanmış damlacıkların, genişletilmiş polimerik kafa grupları nedeniyle esas olarak agregasyona karşı stabilize edildiğini bulmuşlardır.

Özuğur ve Hayta, (2011) glutensiz pirinç keklerine farklı hidrokolloid ve karışımları ile emülgatör ilavesinin kek nitelikleri üzerine etkilerinin inceledikleri çalışmada hidrokolloitlerden ksantan gam ile emülgatör karışımının ilavesinin üretilen keklerin hacmini ve gözenekliliğini artırdığını bulmuşlardır.

Farklı hidrokolloidlerin gliserol monostearat (GMS) ve sodyum stearol-2-laktilat (SSL) ile birlikte kullanılmasının keklerin niteliklerinin üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada ksantan gam ve emülgatör karışımının hamurun viskozitesini ve özgül ağırlığını artırdığı bulunmuştur. Yine aynı çalışmada SSL ile tüm hidrokolloitlerin genel kek kalite özelliklerini artırdığı tespit edilmiştir (Uçar ve Hayta, 2012).

Demirkesen et al., (2010:295) gam ve emülgatör kullanarak glutensiz ekmek üretmişler ve bu ekmeklerde reolojik ölçümler gerçekleştirmişlerdir. Ölçümler sonunda emülgatörlerin hamura istenen fiziksel özelliklerin sağlanmasında oldukça önemli olduğunu bulmuşlardır.

2. SONUÇ

Yapılan bu derleme sonucunda elde edilen bilgiler ışığında toz emülgatörlerden jel hamuru elde edilmesi ve bunların kullanılmasıyla hamur ve kek niteliklerinin olumlu yönde etkilendiği, toz emülgatörlerde gerçekleşen topaklanmanın olmadığı ve keklerin daha homojen bir yapıya kavuştuğu görülmektedir.

Emülgatörlerin karışım halinde kullanılmasının istenen sonuçlara daha çok sahip keklerin üretilmesine yardımcı olduğu görülmektedir.

Kek yapımında emülgatör kullanılmasının ve kullanılma düzeylerinin arttırılmasının ürünün hacim, simetri, yumuşaklık, nem içeriği gibi değerleri arttırdığı, bunula birlikte piişme kayıplarını azalttığı gösterilmiştir.

Yine emülgatörlerin bayatlama etkeni olan fraksiyonlarla reaksiyona girmek suretiyle bayatlamayı geciktirdiği görülmektedir.

Tüm bu özelikler dikkate alındığında kek üretiminde emülgatörlerin, özellikle karışımlarının uygun oranlarda kullanılmasının hem hamur hem de kek fiziksel ve tekstürel özellikleri üzerine olumlu etkileri olacağı tespit edilmiştir.

REFERANSLAR

Baker, B. A., Davis, E. A., & Gordon, J. (1990). The influence of sugar and emulsifier type during microwave and conventional heating of a lean formula cake batter. Cereal Chemistry, 67(5), 451-457.

Çakmakçı, S., & Çelik, İ. (2004). Gıda Katkı Maddeleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum, 214s.

Deeptanshu, S., Jyotsna, R., & Madhava Naidu, M. (2012). Effect of Fenugreek Seed Husk on the Rheology and Quality Characteristics of Muffins. Food and Nutrition Sciences, 3, 1473-1479.

Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., & Sahin, S. (2010). Rheological properties of gluten-free bread formulations. Journal of food Engineering, 96(2), 295-303.

Dizlek, H. (2002). Farklı kabartma tozlarının değişik oranlarda kullanılmasının ve kek hamurunun pişirme öncesinde bekletilmesinin pandispanya nitelikleri üzerine etkilerinin incelenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana, Türkiye.

Ebeler, S. E., & Walker, C. E. (1984). Effects of various sucrose fatty acid ester emulsifiers on high-ratio white layer cakes. Journal of Food Science, 49(2), 380-383.

Elgün, A., & Ertugay, Z. (1995). Tahıl işleme teknolojisi, Atatürk Üni. Ziraat Fakültesi Yayınları, (718), 376.

Faridi, H. (1994). The science of cookie and cracker production. Chapman and Hall.

Friberg, S. E. (1997). Those who made it possible. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 123, 3-5.

Fu, Y., Zhao, R., Zhang, L., Bi, Y., Zhang, H., & Chen, C. (2018). Influence of acylglycerol emulsifier structure and composition on the function of shortening in layer cake. Food chemistry, 249, 213-221.

Gray, J. A., & Bemiller, J. N. (2003). Bread staling: molecular basis and control. Comprehensive Reviews in Food science and food safety, 2(1), 1-21.

Gujral, H. S., Rosell, C. M., Sharma, S., & Singh, S. (2003). Effect of sodium lauryl sulphate on the texture of sponge cake. Food science and technology international, 9(2), 89-93.

Weyland, M., & Hartel, R. W. (2008). Emulsifiers in confectionery. In Food emulsifiers and their applications (pp. 285-305). Springer, New York, NY.

Henry, C. (1995). Monoglycerides: the universal emulsifier. Cereal foods world, 40(10), 734-738.

Hough, G., Langohr, K., Gómez, G., & Curia, A. (2003). Survival analysis applied to sensory shelf life of foods. Journal of Food Science, 68(1), 359-362.

Indrani, D., & Rao, G. V. (2003). Influence of surfactants on rheological characteristics of dough and quality of parotta. International journal of food science & technology, 38(1), 47-54.

Jyotsna, R., Prabhasankar, P., Indrani, D., & Rao, G. V. (2004). Improvement of rheological and baking properties of cake batters with emulsifier gels. Journal of food science, 69(1), SNQ16-SNQ19.

Köklü, G., & Özer, M. S. (2007). Pandispanya yapımında bazı yüzey aktif maddelerin kek nitelikleri üzerindeki etkileri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi, Yüksek Lisans Tezi.

Krog, N. J., & Sparso, F. V. (1997). Food emulsifiers and their chemical and physical properties. Food emulsions, 4, 141-187.

Manisha, G., Soumya, C., & Indrani, D. (2012). Studies on interaction between stevioside, liquid sorbitol, hydrocolloids and emulsifiers for replacement of sugar in cakes. Food Hydrocolloids, 29(2), 363-373.

Mercan, N. (1998). Kek kalitesi üzerine bazı emülgatörlerin etkilerinin araştırılması (Doctoral dissertation).

Özer, M. S., Dizlek, H., Osman, K. O. L. A., & Altan, A. (2004). Değişik gaz salınımı hızlarına sahip kabartma tozlarının pandispanya tipi keklerin nitelikleri üzerindeki etkileri. Gıda, 29(1).

Özugur, G., & Hayta, M. (2011). Tahıl Esaslı Glutensiz Ürünlerin Besinsel ve Teknnlojik Özelliklerinin İyileştirilmesi. GIDA/The Journal of FOOD, 36(5).

Paraskevopoulou, A., Donsouzi, S., Nikiforidis, C. V., & Kiosseoglou, V. (2015). Quality characteristics of egg-reduced pound cakes following WPI and emulsifier incorporation. Food Research International, 69, 72-79.

Rodríguez-García, J., Sahi, S. S., & Hernando, I. (2014). Functionality of lipase and emulsifiers in low-fat cakes with inulin. LWT-Food Science and Technology, 58(1), 173-182.

Sahi, S. S., & Alava, J. M. (2003). Functionality of emulsifiers in sponge cake production. Journal of the Science of Food and Agriculture, 83(14), 1419-1429.

Stauffer, C. E., Ambigaipalan, P., & Shahidi, F. (2005). Emulsifiers for the food industry. Bailey's industrial oil and fat products, 1-36.

Taarji, N., da Silva, C. A. R., Khalid, N., Gadhi, C., Hafidi, A., Kobayashi, I., ... & Nakajima, M. (2018). Formulation and stabilization of oil-in-water nanoemulsions using a saponins-rich extract from argan oil press-cake. Food chemistry, 246, 457-463.

Turabi, E., Sumnu, G., & Sahin, S. (2008). Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. Food hydrocolloids, 22(2), 305-312.

Uçar, B., & Hayta, M. (2012). Kek Kalitesinin ve Raf Ömrünün İyileştirilmesi. GIDA/The Journal of FOOD, 37(6).

Wang, F. C., Peyronel, F., & Marangoni, A. G. (2016). Phase diagram of glycerol monostearate and sodium stearoyl lactylate. Crystal Growth & Design, 16(1), 297-306.

Wijnans, G. J. M., & Baal, H. C. I. (1997). Emulsifiers: sucrose esters of fatty acids. Food Technology International, 7, 35-37.

Wilderjans, E., Luyts, A., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2013). Ingredient functionality in batter type cake making. Trends in food science & technology, 30(1), 6-15.

Yücel, R. (2009). Glutensiz kek üretiminde kullanılan bazı zamkların kalite üzerine etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Adana.

Rhus coriaria L. EKSTRAKTI KULLANILARAK ÜRETİLMİŞ ZnO NANOPARTİKÜLLERİN YEŞİL SENTEZİNDE pH ETKİSİ

Dr. Öğr. Gör. Zehra Seba KESKİN
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

ÖZET: Bitki ekstraktları kullanılarak metal oksit nanopartiküllerin sentezlenmesi, geleneksel kimyasal ve fiziksel yöntemlere göre basit, çevre dostu ve uygun maliyetli olmalarından dolayı son yıllarda ilgi çekmektedir. Bu çalışmada *Rhus coriaria* L. ekstraktının indirgeyici ajan olarak kullanıldığı yeşil sentez yöntemiyle ZnO nanopartikülleri (ZnO NPs) elde edilmiştir. Sentez sırasında ekstrakt miktarı, çinko asetat dihidrat ($Zn(CH_3COO)_2$. $2H_2O$) çözeltisi derişimi, reaksiyon sıcaklığı ve süresi değiştirilmeksizin farklı pH koşulları uygulanmıştır. Sentez için optimum pH koşulları, UV-görünür spektrometre (UV-Vis) ile tespit edilmiştir. Sentezlenen ZnO NPs şekil ve boyutları Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile ortalama partikül büyüklüğü, boyut dağımı ve polidispersite indeksi (PDI) Dinamik Işık Saçılımı (DLS) analizi ile belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda küresel şekilli, ortalama partikül boyutu 456 nm, polidispersite değeri 0,379 olan ZnO NPs sentezlendiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: ZnO nanopartikül, yeşil sentez, *Rhus coriaria* L.

Effect of pH on Green Synthesis of ZnO Nanoparticles Using *Rhus Coriaria* L. Extract

ABSTRACT: Synthesis of metal oxide nanoparticles using plant extracts has attracted attention in recent years due to their simplicity, environmental friendliness and cost effectiveness compared to traditional chemical and physical methods. In this study, ZnO nanoparticles (ZnO NPs) were obtained by the green synthesis method in which *Rhus coriaria* L. extract was used as a reducing agent. During the synthesis, different pH conditions were applied without changing the extract amount, zinc acetate dihydrate ($Zn\ (CH_3COO)_2$. $2H_2O$) solution concentration, reaction temperature and time. Optimum pH conditions for synthesis were determined with a UV-visible spectrometer (UV-Vis). The shape and dimensions of the synthesized ZnO NPs were determined by Scanning Electron Microscope (SEM), Z-average particle size, particle size

distribution and polydispersity index (PDI) Dynamic Light Scattering (DLS) analysis. As a result of the analysis, it was determined that ZnO NPs with a spherical shape, average particle size of 456 nm and polydispersity value of 0.379 were synthesized.

Keywords: ZnO nanoparticle, green synthesis, *Rhus coriaria* L.

1. GİRİŞ

Nanoteknoloji, nanometre cinsinden değişen malzemelerin üretimi, manipülasyonu ve kullanımı ile ilgilenen günlük yaşam konularında baskın bir rol oynayan modern bir bilim alanıdır. Başka bir tanımla nanoteknoloji, maddeyi moleküler düzeyde kontrol etmek için bilimin uygulanmasıdır (Shanmugam, 2015:379).

Nanopartiküller, en az bir boyutu 100 nm'den küçük olan parçacıklar olarak tanımlanabilir (Vidya et al., 2013).

Nanopartiküller, son derece küçük boyutları ve büyük yüzey / hacim oranları nedeniyle aynı kimyasal bileşimin kütlesine kıyasla hem kimyasal hem de fiziksel özelliklerinde (mekanik özellikler, biyolojik ve sterik özellikler, katalitik aktivite, termal ve elektriksel iletkenlik, optik absorpsiyon ve erime noktası vb.) farklılıklara yol açtıklarından büyük ilgi görmektedir (Iravani, 2011:2638).

Geniş metal oksit NP ailesi içinde ZnO NP, morfolojiyi değiştirerek kolayca ayarlanabilen benzersiz optik ve kimyasal davranışları nedeniyle elektronik, iletişim, sensör, kozmetik, çevre koruma, biyoloji ve tıbbi endüstri gibi çeşitli son teknoloji uygulamalarda kullanılmıştır. Son yıllarda metal oksit NP'lerin çevre dostu yollarla sentezlenmesi, düşük maliyeti, ortam atmosferinde sentezi, toksik olmaması, çevresel uyumluluğu, ortaya çıkan parçacıkların suda yüksek oranda çözünür olması, biyouyumlu olması ve toksik stabilizatörler içermemesi nedeniyle araştırmacılar arasında popüler hale gelmiştir. Bitki özleri, NP'lerin yeşil yollarla kolay sentezi için çok umut verici bir araçtır (Bala et al., 2015:2).

Sumak (*Rhuscoriaria* L), *Anacardiaceae* familyasına ait olup Akdeniz ülkeleri, Kuzey Afrika, Güney Avrupa, İran ve Afganistan'da yetişmektedir. Sumak meyveleri flavonoidler, fenolik asitler, hidrolize edilebilir tanenler, antosiyanlar ve malik, sitrik ve tartarik asitler gibi organik asitler bakımından zengin olduğu ayrıca sumak ekstraktlarının antimikrobiyal, antioksidan ve hipoglisemik aktivitelere sahip olduğu bulunmuştur (Ghorbani et al., 2015)

Bu çalışmada indirgeyici ajan olarak *Rhuscoriaria* L. ekstraktının kullanıldığı farklı pH ortamlarında yeşil sentez yöntemiyle ZnO NP sentezlenmesi ve belirlenen

optimum pH değerinde sentezlenen nanopartiküllerin karakterize edilmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL ve METOD

2.1. Bitki ekstratının elde edilmesi

3 g sumak (*Rhuscoriaria* L.) tartıldıktan sonra 100 mL distile suda ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda dağıtılıp ve 100 ° C' de 15 dakika ısıtılmıştır. Elde edilen ekstrakt Whatman No.1 filtre kağıdı ile süzülerek sentez işleminde kullanılana kadar +4 ^{o}C' de muhafaza edilmiştir.

2.2 ZnO NP'lerinin yeşil yöntemle sentezi

50 ml 0,2 M çinko asetat dihidrat [$Zn(CH_3COO)_2$]. $2H_2O$ çözeltisi hazırlanmış ve bu çözeltiye, 10 ml sumak (*Rhuscoriaria* L.) ekstraktı damla damla eklenip 1 M NaOH ile farklı pH (8, 9, 10, 11 ve 12) değerlerine ayarlanarak oda sıcaklığında 2 saat boyunca magnetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Elde edilen açık sarı-yeşil renkli karışım 10.000 rpm' de 10 dakika santrifüjlendikten sonra 50 ^{o} C de 2 gün boyunca etüvde kurutulmuştur. Kurutulmuş numune havan kullanılarak toz haline getirilmiştir.

Şekil 2.1 ZnO NP'lerinin sentez aşaması

2.3 ZnO NP'lerinin Karakterizasyonu

2.3.1 UV-Vis spektrofotometre analizi

Farklı pH değerlerinde sentezlenen çözeltiler, UV-Vis spektrofotometre (UV-2600, Shimadzu) kullanılarak oda sıcaklığında analiz edildi. Absorbans spektrumları 1 nm aralıklarla 200-900 nm aralığında tarandı.

2.3.2 SEM analizi

Yeşil sentez yöntemiyle elde edilen ZnO NP'lerinin yapısı, şekli ve boyutu, Taramalı Elektron Mikroskobu (TESCAN MIRA 3 XMU) kullanılarak tespit edilmiştir. Analizden önce örnekler yüzey iletkenliğinin artırılıp daha kaliteli görüntüler alınabilmesi için otomatik bir kaplayıcıda altın ile kaplanmıştır.

2.3.3 Dinamik Işık Saçılımı

Sentezlenen ZnO NP'lerin ortalama büyüklüğü, boyut dağılımı ve polidispersite indeksi (PDI) ölçümleri, Malvern Marka, Zetasizer Model tanecik boyut analizi cihazıyla belirlenmiştir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1 Görsel Gözlem

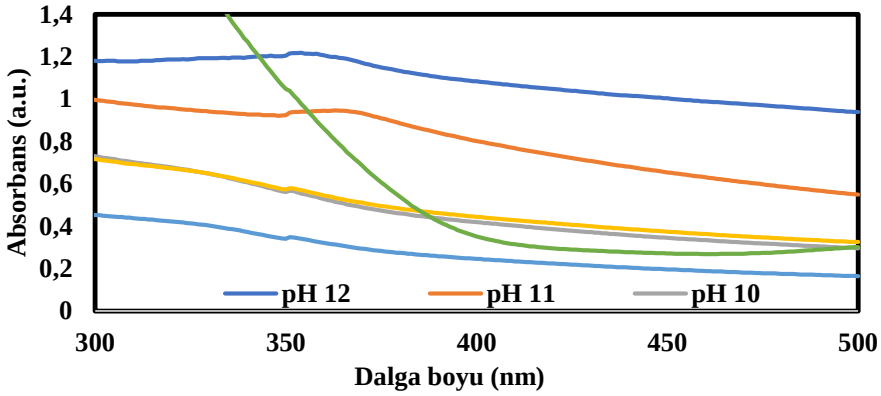
Rhuscoriaria L. ekstraktının başlangıçta koyu kırmızı olan renginin sentez süresi sonunda açık yeşile dönüştüğü gözlenmiştir. Bu değişim ekstrakt içinde bulunan indirgeyici bileşiklerin Zn iyonlarını indirgemesi sonucu sentezlenen ZnO NP' lerinin oluşumunu göstermektedir (Anbuvannan et al., 2015:622)

Rhuscoriaria L. ekstraktı [$Zn(CH_3COO)_2$]. $2H_2O$ çözeltisi ZnO NP

Şekil 3.1 ZnO NP'lerinin görsel olarak gözlenmesi

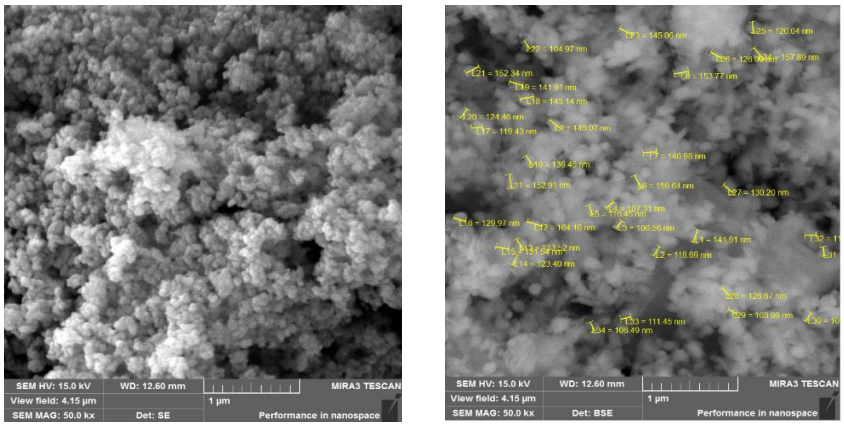
3.2 UV-Vis spektrum analizi

Rhuscoriaria L. ekstraktı kullanılarak gerçekleştirilen yeşil sentez yönteminde farklı pH=8, 9, 10, 11 ve 12 değerleri kullanılarak sentezlenen ZnO NP'lerinin UV-görünür spektrumları üzerindeki pH değişiklikleri Şekil 3.2 de görülmektedir. Ekstrakt, pH 8, pH 9 ve pH 10' da sentezlenen ZnO NP'lerine ait UV spektrumlarında herhangi karakteristik absorpsiyon piki gözlenmezken pH 11 ve 12 ' de bu pikler belirlenmiştir (Gupta et al., 2018). Maksimum absorpsiyon pikinin pH 12 değerinde 355 nm' de oluştuğu gözlenmiştir. Yapılan bazı araştırmalara paralel olarak çalışmamızda optimum pH değeri 12 olarak belirlenmiştir (Jamdagni et al., 2018:170)



Şekil 3.2 ZnO NP'lerinin sentezinde optimum pH değeri

3.3 SEM analizi



Şekil 3.3 ZnO NP'lerinin SEM görüntüsü

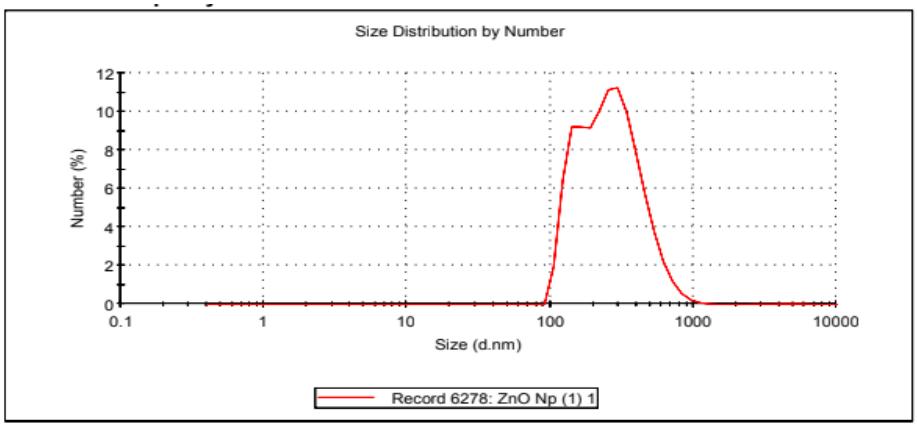
Sentezlenen ZnO NP'lerinin şekli, partikül boyutu ve yüzey morfolojisi 50 kx büyütme ile elde edilen SEM görüntüleri ile belirlenmiştir. ZnO NP'lerinin küresel şekle sahip olduğu ve boyutlarının ise 100.5nm ile 157.89 nm arası değiştiği tespit edilmiştir (Parthibana & Sundaramurthy, 2015:9714).

Yapılan çalışmalarla pH arttıkça çekirdekleşme merkezlerinin arttığı ve buna paralel olarak metalik iyonların indirgenmesinin de arttığı tespit edilmiştir (Bali & Harris, 2010:12768). Ayrıca pH (2-4) aralığında sentezlenen nanopartiküllerin boyutlarının yüksek pH aralığında sentezlenen partikül boyutlarına oranla daha büyük olduğu rapor edilmiştir (Mittal et al., 2014:6).

3.4 DLS analizi

ZnO NP'lerinin boyut dağılımı, ortalama partikül boyutu ve çoklu dağılma indeksi (PDI), dinamik ışık saçılımı yöntemiyle tespit edilmiştir. Şekil 3.4 'de ZnO NP'lerinin boyut dağılımı grafiği ve Şekil 3.5' de ZnO NP'lerinin sayı ile boyut dağılımı grafiği görülmektedir.

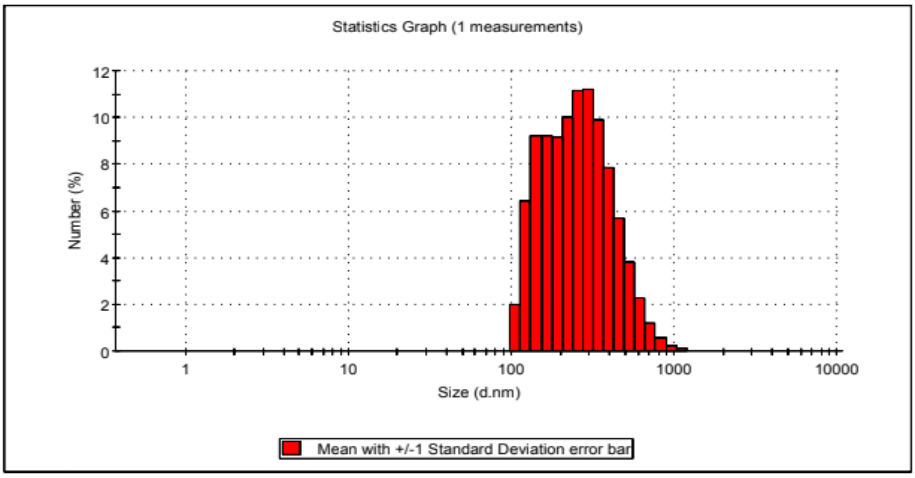
DLS ile belirlenen çözeltideki ZnO NP'ler için ortalama partikül boyutun 453.56 nm olduğu rapor edilmiştir. SEM görüntülerinde tespit edilen boyutlara göre DLS ile belirlenen ZnO NP ortalama partikül boyutunun daha büyük çıkması solvent içinde şişen partikül boyutlarının hidrodinamik çapının ölçülmesine atfedilebilir.



Şekil 3.4 ZnO NP'lerinin boyut dağılımı grafiği

			Size (d.n...	% Number	Width (d.n...
Z-Average (d.nm):	456,4	Peak 1:	154,4	32,9	26,53
PdI:	0,379	Peak 2:	332,1	67,0	134,8
Intercept:	0,923	Peak 3:	4420	0,1	1127

Çizelge 3.1 DLS analizi ile elde edilen veriler



Şekil 3.5 ZnO NP'lerinin sayı ile boyut dağılımı grafiği

Nanopartiküllerin fiziksel olarak stabilitelerini anlayabilmek için partikül boyutu ve partiküllerin dağılımına bakılmaktadır. Partikül büyüklüğü dağılımını ifade eden polidispersite indeksi (PDI) değeri 0.1- 0.25 arasında olursa istenilen dar dağılım elde edilirken 0.5'in üzerinde olursa geniş dağılımından söz edilmektedir (Çakmak, 2011). Çok geniş boyut dağılımına sahip numunelerin polidispersite indeksi değerleri >0,7'dir (Sreeram et al., 2008).

Çizelge 3.1' de görüldüğü gibi sentezlenen ZnO NP'lerinin PDI değerinin 0,379 olarak belirlenmesi ZnO NP'lerin monodispers dağılıma sahip olduğunu göstermektedir.

4. SONUÇ

Yapılan çalışmada farklı pH değerlerine sahip sentez ortamlarında indirgeyici bileşik olarak *Rhuscoriaria* L. ekstraktının kullanıldığı yeşil sentez yönteminde ZnO NP'leri başarılı bir şekilde elde edilmiştir. Sentez için optimum pH değerinin 12 olduğu elde edilen ZnO NP'lerinin SEM görüntülerinde küresel şekilli ve 100.5nm - 157.89 nm boyutlarında olduğu belirlenmiştir. DLS analizi sonucunda PDI değeri 0,379 olarak tespit edilen ZnO NP'lerin monodispers dağılıma sahip olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

Anbuvannan, M., Ramesh, M., Viruthagiri, G., Shanmugam, N., & Kannadasan, N. (2015). Anisochilus carnosus leaf extract mediated synthesis of zinc oxide nanoparticles for antibacterial and photocatalytic activities. *Materials Science in Semiconductor Processing*, *39*, 621–628. https://doi.org/10.1016/j.mssp.2015.06.005

Bala, N., Saha, S., Chakraborty, M., Maiti, M., Das, S., Basu, R., & Nandy, P. (2015). Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using Hibiscus subdariffa leaf extract: Effect of temperature on synthesis, anti-bacterial activity and anti-diabetic activity. *RSC Advances*, *5*(7), 1–19. https://doi.org/10.1039/c4ra12784f

Bali, R., & Harris, A. T. (2010). Biogenic synthesis of Au nanoparticles using vascular plants. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, *49*(24), 12762–12772. https://doi.org/10.1021/ie101600m

C. Parthibana, & Sundaramurthy, N. (2015). Biosynthesis , Characterization of ZnO Nanoparticles by Using Pyrus Pyrifolia Leaf Extract and Their Photocatalytic Activity. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, *4*(10), 9710–9718. https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2015.0410031

Çakmak, S. (2011). Elektroeğirme. *Nanobülten*, *13*, 35.

Ghorbani, P., Soltani, M., Homayouni-Tabrizi, M., Namvar, F., Azizi, S., Mohammad, R., & Moghaddam, A. B. (2015). Sumac silver novel

biodegradable nano composite for bio-medical application: Antibacterial activity. *Molecules*, *20*(7), 12946–12958. https://doi.org/10.3390/molecules200712946

Gupta, M., Tomar, R. S., , Shuchi Kaushik, R. K. M. D. S., & *. (2018). Effective antimicrobial activity of green ZnO nano particles of Catharanthus roseus. *Frontiers in Microbiology*, *9*(SEP), 1–13. https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02030

Iravani, S. (2011). Green synthesis of metal nanoparticles using plants. *Green Chemistry*, *13*(10), 2638–2650. https://doi.org/10.1039/c1gc15386b

Jamdagni, P., Khatri, P., & Rana, J. S. (2018). Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using flower extract of Nyctanthes arbor-tristis and their antifungal activity. *Journal of King Saud University - Science*, *30*(2), 168–175. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2016.10.002

Mittal, J., Batra, A., Singh, A., & Sharma, M. M. (2014). Phytofabrication of nanoparticles through plant as nanofactories. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, *5*(4), 1–11. https://doi.org/10.1088/2043-6262/5/4/043002

Shanmugam, P. H. and S. (2015). Nanoparticles Characterization and Applications: An Overview. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, *04*(08), 379–386. https://doi.org/10.35652/igjps.2019.92s44

Sreeram, K. J., Nidhin, M., Indumathy, R., & Nair, B. U. (2008). Synthesis of iron oxide nanoparticles of narrow size distribution on polysaccharide templates. *Bulletin of Materials Science*, *31*(1), 93–96. https://doi.org/10.1007/s12034-008-0016-2

Vidya, C., Hiremath, S., Chandraprabha, M. N., Antonyraj, M. A. L., Gopala, I. V, Jain, A., & Bansal, K. (2013). Green synthesis of ZnO nanoparticles by Calotropis gigantea. *Int J Curr Eng Technol*, *2277*(4106), 118–120.

ANIT AĞAÇ OLABİLECEK TÜRLER VE ESKİŞEHİR İLİNDEKİ BAZI ANIT AĞAÇLAR

Derviş ÖZTÜRK
Eskişehri Osmangazi Üniversitesi

ÖZET:

Anıt ağaçlar, yaş, çap ve boy itibarıyla kendi türünün alışılmış ölçüleri üzerinde boyutlara sahip olan, yöre folklorunda, kültür ve tarihinde özel yeri bulunan, geçmiş ile günümüz, günümüz ile gelecek arasında iletişim sağlayabilecek uzunlukta doğal ömre sahip olan ağaçlardır. Sahip olduğu özelliklerden ötürü her türlü önlem alınarak mutlak surette korunması ve doğal miras olarak gelecek nesillere bırakılması zorunlu olan ağaçtır. Kamu yararı açısından en yüksek değere sahip olan bu ağaçlar, amacı ne olursa olsun her türlü çevre düzenlemesinde kullanılır. Hiçbir gerekçe ile kesilmeleri ya da bir başka yere taşınmaları mümkün değildir. Ağaçlara anıtsal nitelik kazandıran özelliklerin başında fiziksel boyutlar ve görsel ayrıcalıklar gelir. Ancak, fiziksel boyutlar yönünden olağanüstü sayılmasa da, yöre kültüründe olumlu veya olumsuz, gerçek veya hayal ürünü, mistik veya folklorik bir öyküye sahip olmak, ya da yöresel veya ulusal tarihte kimi olaylar ile özdeş hale gelmek ve onlara tanıklık etmek de ağaçlara anıtsal nitelik kazandırmaktadır.Anıt ağaç envanteri çalışmalarında gövde çapı ölçümü, tepe çapı ölçümü, boy ölçümü yapılır. Anıt ağaç olabilecek türler arasında Menengiç (Pistacia terebintus), Hurma (Phoenix canariensis), Sapsız meşe (Quercus petraea), Adi çitlembik (Celtis australis), Adi ceviz (Juglans regia), Lübnan sediri (Cedrus libanı), Pırnal meşe (Quercus ilex), Andız (Arcetros drupacea), Doğu çınarı (Platanus orientalis), Kokulu ardıç (Juniperus foetidissima), Kırmızı okaliptüs (Eucalyptus camalduensis) Zeytin (Olea europaea) dir.

Anahtar kelimeler: Anıt ağaç, Envanter, Eskişehir, Türkiye

Species That May Be Monument Tree and Some Monument Trees in Eskişehir

ABSTRACT: Monumental trees are trees that have dimensions above the usual dimensions of their own species in terms of age, diameter and height, have a special place in local folklore, culture and history, and have a natural life long enough to communicate between the past and the present, the present

and the future. Due to its characteristics, it is a tree that must be protected by all kinds of precautions and left to future generations as a natural heritage. These trees, which have the highest value in terms of public benefit, are used in all kinds of landscaping regardless of their purpose. It is not possible for them to be cut or moved to another location for any reason. Physical dimensions and visual privileges are the main features that give trees a monumental quality. However, although it is not considered extraordinary in terms of physical dimensions, having a positive or negative, real or imaginary, mystical or folkloric story in the local culture, or being identified with and witnessing some events in local or national history also gives trees a monumental quality. Body diameter measurement, crown diameter measurement and height measurement are made in monumental tree inventory studies. Species that can be monumental trees include Menengiç (Pistacia terebintus), Date Palm (Phoenix canariensis), sessile oak (Quercus petraea), Common hackberry (Celtis australis), Common walnut (Juglans regia), Lebanese cedar (Cedrus liban), Pirnal oak (Quercus ilex), Brood (Arcetros drupacea), Eastern plane tree (Platanus orientalis), Fragrant juniper (Juniperus foetidissima), Red eucalyptus (Eucalyptus camalduensis) Olive (Olea europaea).

Keywords: Monuments trees, Inventory, Eskisehir, Turkey

GİRİŞ

Doğal kaynakların aşırı ve bilinçsiz bir şekilde kullanılmasına bağlı olarak küresel ısınma, iklim değişikliği, çölleşme ve arazi bozunumu meydana gelmiştir. Çevre kirliliği inanılmaz boyutlara ulaşmış ve doğal kaynakların sınırsız olmadığı anlaşılmıştır. Bu doğal kaynaklarımız içerisinde yer alan anıt ağaç ve meşcereler sahip olduğu fonksiyonlarından dolayı ekosisteme önemli katkılarda bulunmaktadır (Polat ve ark., 2011). Türkiye'de yayılış gösteren bitki türlerinin sayısı Avrupa kıtasının tümünde yayılış gösteren bitki türlerinin sayısına yakındır. Bugün floradaki toplam tür sayısı 10 065 ve toplam takson sayısı 12.100 dür. Türkiye florasının bu denli zengin oluşunun nedenleri baktığımızda bunlar;

Ağaçlar doğal peyzajın çok önemli elemanlarındandır. Ağaçlar, kırsal ve kentsel ekosistemde, ekolojik, estetik, ekonomik, sosyolojik ve insan sağlığı ile ilgili faydaları ile peyzajı desteklemektedir (Haq , 2011 ; Shahabı, 2012; Yang, et al., 2015; Polat et al., 2015; Shackleton et al., 2015; Gilbert, 2016; Hüse et al., 2016; Pehlivan, 2016).

Türkiye'nin hem iklim hem de bitki örtüsü yönünden, dolayısıyla floristik yapı bakımından 3 farklı bitki coğrafyası bölgesinin karşılaştığı bir konumda olması,

Anadolu' nun Avrupa ve Asya kıtaları arasında köprü konumunda olması ve buna bağlı olarak iki kıta arasında karşılıklı bitki göçleri ile çeşitliliğin artması,

Edafik (topraksal) faktörlerin çeşitlilik göstermesi,

Topografik yapının çeşitlilik göstermesi sayılabilir.

Eskişehir ili sınırları içinde 1500'e yakın bitki türü doğal yayılış göstermektedir. İlimizin sahip olduğu türler pekçok Avrupa ülkesinden bile daha fazladır Bu türlerden 230'dan fazlası ülkemize özgü endemiktir. Sündiken ve Türkmen Dağları başta olmak üzere ilimizin tüm dağ, step, ova, yayla ve ormanlarında yetişen bu türlerden 20'den fazlası dünyada sadece Eskişehir ili ve yakın çevresinde doğal olarak yetişmektedir. Eskişehirimizin bu floristik zenginliği; Orman, Step ve Sucul olmak üzere 3 farklı ekosistemde yayılış gösterir. Eskişehirde özellikle son 20 yılda yapılan flora çalışmalarından elde olunan sonuçlara göre ilimizde 1500'den fazla bitki taksonunun doğal yayılış gösterdiği ortaya konmuştur. Bu sayı bugün pekçok Avrupa ülkesinde yetişen bitki türlerinden de daha fazladır. Ayrıca sadece ülkemizde doğal yayılış gösteren 240'a yakın endemik bitki türü ilimizde bulunmaktadır.

1.1. Eskişehir Orman Vejetasyonu

Eskişehir ilini orman yönünden incelendiğinde; %75,5'ini açıklık (yerleşim alanı, çayır-mera, tarım arazisi, sanayi bölgesi vb.), geriye kalan %24,5'ini ise ormanlık alanların kapladığı %34,7'si verimli ormanlar, %58,4'ü verimsiz orman niteliğinde, %6,9'u ise ağaçlandırma, gençleştirme ve enerji ormanı tesisi yapılan alanlardır. Ormanlık alanların ağaç türlerine göre dağlımı incelendiğinde, %62,6 karaçam, %7,2 kızılçam, %1,5 sarıçam, %28,7 meşe ve diğer yapraklı türlerden oluştuğu görülür. Son yıllarda köyden kente göç nedeniyle orman içi köylerde nüfusun azalmasıyla orman suçlarında belirgin bir azalma olduğu ve orman köylüsünün ormanlara olan olumsuz etkilerinin oldukça azaldığı görülmektedir.

1.2. Anıt Ağaç Ne Demektir?

Anıt ağaçların bilimsel tanımı "Yaş, çap ve boy itibarıyla kendi türünün alışılmış ölçüleri üzerinde boyutlara sahip olan, yöre folklorunda, kültür ve tarihinde özel yeri bulunan, geçmiş ile günümüz, günümüz ile gelecek arasında iletişim sağlayabilecek uzunlukta doğal ömre sahip olan ağaçlar, anıt ağaçlardır." biçiminde yapılmaktadır (ASAN 1992). Bir ağacın anıt ağaç olarak nitelendirilebilmesi için belirli özelliklere sahip olması gerekmektedir (Asan, 1991; Genç ve Güner, 2000).

1.3. Tüm Ağaç Veya Çalılar Anıt Ağaç Olabilir mi?

Çalı ve bodur ağaç formunda olan (kermes meşesi, şimşir, sandal vb.) ve ne kadar yaşarsa yaşasın, çap ve boy gibi görsel ölçütler yönünden doyurucu olmayan, yöre kültürü ve tarihi açısından herhangi bir anlam taşımayan yaşlı ağaçlar da, bilimsel açıdan ne denli önemli olursa olsun anıt ağaç sayılmazlar. Çünkü albenisini artıran renkli çiçekleri yoksa veya ilginç bir yaprak oluşumuna sahip değilse, kendisini izleyen sıradan insanlar için betonlaşan çevrede yeşili ve doğayı anımsatan canlı bir varlık olma dışında hiçbir anlam ifade etmezler.

Anıt ağaçlar, özellikleri bakımından 4 ana başlıkta toplanmaktadır.

• Tarihi Anıt Ağaçlar: Tarihi olaylara tanıklık etmiş anıt ağaçlardır.

• Mistik Anıt Ağaçlar: Halk kültüründe mistik özelliği olan anıt ağaçlardır.

• Folklorik Anıt Ağaçlar: Halk kültüründe geleneksel bir kıymeti olan anıt ağaçlardır.

• Boyutsal Anıt Ağaçlar: Boyutsal özellikleri (Yaş, boy, gövde çapı veya tepe çapı) ile aynı tür içinde öne çıkan anıt ağaçlardır (Genç ve Güner, 2001; Genç vd., 2002).

1.4. Anıt Ağaç Kriterleri

Ağaçlara anıtsal nitelik kazandıran özelliklerin başında fiziksel boyutlar ve görsel ayrıcalıklar gelir. Ancak, fiziksel boyutlar yönünden olağanüstü sayılmasa da, yöre kültüründe olumlu veya olumsuz, gerçek veya hayal ürünü, mistik veya folklorik bir öyküye sahip olmak, ya da yöresel veya ulusal tarihte kimi olaylar ile özdeş hale gelmek ve onlara tanıklık etmek de ağaçlara anıtsal nitelik kazandırmaktadır(Asan ve Uzun, 1994).

1.4.1. Yaş tahmini

Ağaçların gövdesinden ve çevre ölçümü yapılan yükseklikten (yerden 1,30 m), artım burgusu ile alınan en az 15 cm uzunluğundaki artım kaleminde belirlenen yıllık halka sayıları, kabuksuz yarıçap değerine enterpole edilerek tahmin edilir ve sonu “0” ve “5” ile biten rakamlarla (5 yıllık duyarlılıkla; yani, hesapla bulunan yaş değeri 450-454 arasında ise 450, 455-459 arasında ise 455 olarak) kayıtlara geçirilir. Ballık Köyü Sediri 530 yaşındadır.

1.4.2. Gövde çapı ölçüsü

Ağacın toprak yüzeyindeki ve yerden 1,30 m yükseklikteki çevresi, "cm" hassasiyetinde ölçülür; ardından, saptanan çevre değerleri π (3,14) sayısına bölünerek çap hesaplanır. "Ballık Köyü Sediri"nin göğüs yüksekliği çapı 230 cm olarak hesaplanmıştır.

1.4.3. Tepe çapı ölçümü

Bunun için, tepe tacı iz düşümü içinde kalan doğu, batı, kuzey ve güney yönlerdeki yarıçaplar ölçülür. Daha sonra, belirlenen değerler toplanıp, ağacın doğu - batı ve kuzey – güney yönlerdeki tepe çapları hesaplanır. Hesaplanan değer "0,5 m" hassasiyetle aşağıya yuvarlanarak kayıtlara geçirilir. Şöyle ki, tepe çapına ait ondalık değer 0,00 – 0,49 arasında değişiyorsa "0,0 m" olarak, 0,50 – 0,99 arasında değişiyorsa "0,5 m" olarak kabul edilir. "Ballık Köyü Sediri"nin tepe çapı, kuzey-güney yönünde 16,0 m, doğu batı yönünde 18,0 m olarak belirlenmiştir.

1.4.4. Boy ölçümü

Boy ölçüm değerleri envanter karnesinde "50 cm" duyarlılıkla aşağıya yuvarlanarak belirlenir. Buna göre, hesaplanan değer 18,00-18,49 arasında değişiyorsa ağacın boyu 18 m; 18,50-18,99 arasında değişiyorsa 18,50 m olarak kabul edilir. "Ballık Köyü Sediri"nin boyu 49,0 m olarak kayıtlara geçirilmiştir.

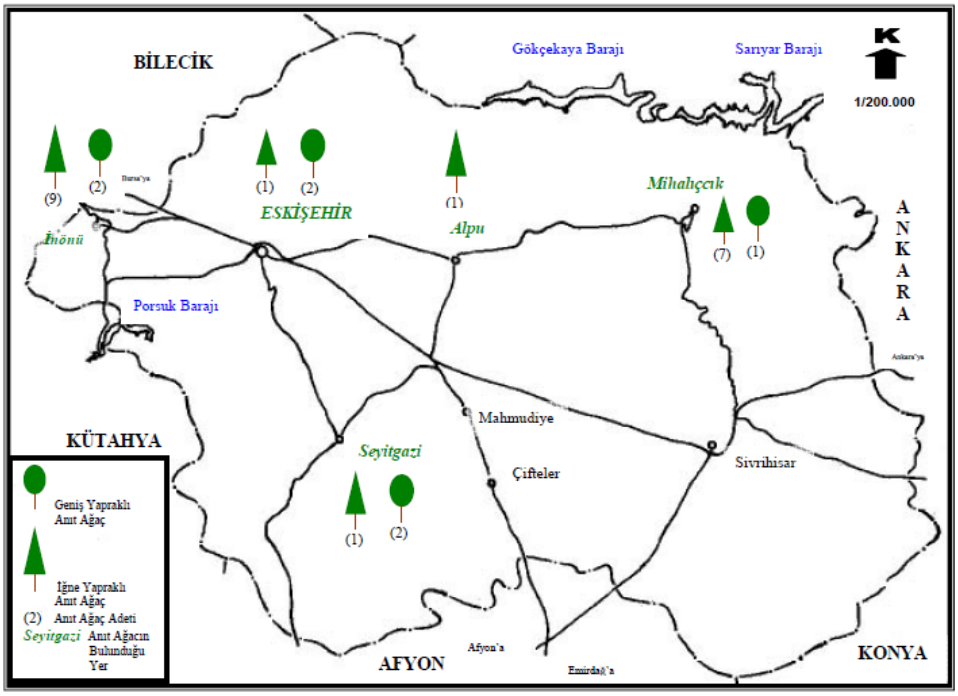
1.5. Anıt Ağaç Olabilecek Türler

- Menengiç (Pistacia terebintus)
- Phoenix canariensis
- Sapsız meşe (Quercus petraea)
- Adi çitlembik (Celtis australis)
- Adi ceviz (Juglans regia)
- Lübnan sediri (Cedrus libanı)
- Pırnal meşe (Quercus ilex)
- Andız (Arcetros drupacea)
- Doğu çınarı (Platanus orientalis)
- Kokulu ardıç (Juniperus foetidissima)

- Kırmızı okaliptüs (Eucalyptus camalduensis)
- Zeytin (Olea europaea)

1.6. Eskişehir İlindeki Bazı Anıt Ağaçlar

Eskişehir ilinde, bugünkü bilgilerimize göre 26 adet anıt ağaç bulunmaktadır. Bu ağaçlardan önceki yıllarda tespit edilerek tescili yapılmış, Juniperus foetidissima Willd. türüne ait 9 adet anıt ağaç mevcuttur. Tespiti yapılan 26 anıt ağacın, ondördü Juniperus foetidissima Willd., üçü Quercus cerris L. var. cerris., dördü Pinus nigra Arn. ssp. pallasiana Lamb. Holmboe., ve diğerleri birer adet olmak üzere, Corylus colurna L., Platanus orientalis L., Morus nigra L., Quercus robur L., ve Pinus sylvestris L. türlerine aittir (Resim 1-6).



Resim 1. Eskişehir İli Anıt Ağaçları

2. MATERYAL VE METOD

Araştırma, Eskişehir ili sınırları içinde bulunan doğal orman ağacı türlerine ait ağaçları kapsamaktadır. Eskişehir ili sınırları içerisinde incelenen kaynaklara dayanarak anıt ağaçların tanımı, kriterleri ve türleri ortaya konmuştur.

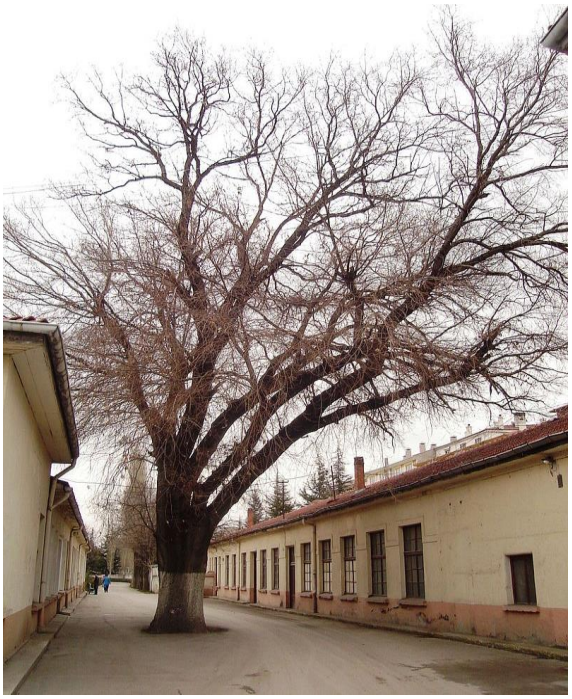
3. SONUÇLAR

Ülkemizde doğanın korunması konusunda 1937 yılında çıkarılan 3116 sayılı yasa ile 3167 sayılı yasalar ilk olması bakımından oldukça önemlidir. Ülkemizde anıt ağaçların korunması Kültür Bakanlığı, Kültür ve Tabiat Varlıkları Koruma Kurulu Müdürlüklerinin 25 ve 597 sayılı kararlarıyla ilk kez yasal bir belge olarak kayıtlarda yer almıştır. Böylece yasaya göre anıt ağaçların envanter, tespit ve tescil işlemleri gerçekleştirilmiştir (Efe ve ark., 2014). Sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleştirilmesi ve uluslararası süreçlere paralel olarak ülkemizde de anıt ağaçlar 2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu kapsamında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesinde yer alan Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü tarafından koruma altına alınmaktadır. Türkiye'nin farklı yörelerinde ve bölgelerinde bulunan anıt ağaçlar o yörenin veya bölgenin doğal mirasıdır. Yapılan çalışma ve araştırmalar değerlendirildiğinde anıt ağaçların yerel yönetimlerce ve akademik çalışmalarla tescil edilmektedir. Anıt ağaç envanter çalışmaları kapsamında, yaşı büyük olan ağaçlar uygun zamanda tescillenip korunamamaktadır. Konu ile ilgili araştırma yapanlar, anıt ağaçların geleceğe taşınması ve yerinde bütün kurallarla korunması konusunda kaygılarını dile getirmişlerdir. Ağaçların dikkate değer önemli özelliklerinin önemsenerek araştırılması ve envanterinin tutulmasının gerekliliği vurgulanmıştır. Ayrıca anıt ağaçların bütün bu işlemlerden sonra etkin bir şekilde korunması için tescil edilmesinin gerekliliği vurgulanmaktadır (Efe ve ark., 2014; Chen, 2015; Wan Noor ve ark., 2016; Polat, 2017). tescili yapılmamış anıt niteliğindeki ağaç ve ağaç topluluklarının sayıları oldukça fazladır. Bu tarz çalışmalarla en kısa zamanda anıt ağaçların tespit ve tescil işlemleri gerçekleştirilmelidir.

İnönü ilçesi, Oklubalı köyündeki 9 adet Kokulu ardıç Kültür Bakanlığınca tescil edilmiş bulunmaktadır. Geriye kalan 17 ağacın tescil işlemleri, Orman Bakanlığı Milli Parklar ve Av - Yaban Hayatı Genel Müdürlüğü Milli Parklar Dairesi Başkanlığınca başlatılmış olup halen devam etmektedir. Bu derleme çalışma ile Eskişehir'de bulunan bazı anıt ağaçlar Resim 2-6 da verilmiştir.

Resim 2. Eskişehir'de Hamam Yolu Caddesi üzerindeki 1814 dikim tarihli tarihi doğu çınarının tabelası

Resim 3. Boylu ardıç (Juniperus excelsa) Oklubalı, İnönü, Eskişehir



Resim 4. Tülomsaş bahçesinde bulunan 1880 yılından kalma anıt ağaç

Resim 5. Morus nigra (Karadut), Sucaaddin veli türbesi , Seyitgazi, Eskişehir

Resim 6. PİRİBABA MEŞESİ Çürüttüm Mahallesi, Çürüttüm Köyü İç Yolu, 26970 Seyitgazi Eskişehir, Turkey

Türkiye'de anıt ağaçlarla ilgili mutlaka değerlendirilen birbirini bütünleyen, destekleyici, geliştiren ve geleceğe taşıyan çalışmalar yapılmalıdır. Dünyada korunan alanlarla ilgili olan statüler değerlendirilerek, anıt ağaçlarla ilgili dünya çapında bir koruma planı oluşturulmalı, Dünya Mirası Anıt Ağaçları önerisi UNESCO' ya (Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Kurumu) sunulmalıdır. Bu ülkelerin koruma stratejilerinde, peyzajların korunmasında sosyo-ekonomik destekte sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Asan, Ü. (1991) Doğal ve Kültürel Miraslarımızdan Anıt Ağaç ve Ormanlarımız. Yeşil Çerçeve Dergisi, 6: 22-24.

Asan, Ü., & Uzun, A. (1994). Marmara Bölgesinde Doğal Kaynaklar ve Kültürel Mirasımız: Anıt Ağaçlar, Doğal Değerlerin Korunması Kurumlaşma Stratejileri Ulusal Semineri, YTÜ. Oditoryumu, İstanbul.

Chen, W.Y. (2015). Public Willingness To Pay For Conserving Urban Heritage Trees İn Guangzhou, South China. Urban Forestry & Urban Greening, 14(4): 796–805.

Efe, R., Soykan, A., Sönmez, S., Cürebal, İ. (2010) Edremit'in Anıtsal ve Korunmaya Değer Ağaçları. Edremit Belediyesi, Kültür Yayınları No: 5, İstanbul.

Efe, R., Soykan, A., Cürebal, İ., Sönmez, S. (2014). Kuyucak Monumental Cretan Maple (Acer sempervirens L.) (Burhaniye – Balıkesir, Turkey). Procedia – Socialand Behavioral Sciences, 120: 547–556.

Genç, M., Güner, Ş.T. (2000). Isparta'da Yeni Saptanan Doğal Bir Anıt Kestane (Castanea sativa Mill.) Meşceresi. Turkish Journal of Agriculture & Forestry, 24 (1): 37–44.

Genç, M., Güner, S.T., (2001). A New method to Select Monumental Tree Among the Forest Tree Species of Turkey: An Application, Proceedings International Conference Forest Research: a challenge for an integrated European approach, 27 August-1 September 2001, Thessaloniki, Greece.

Genç, M., Güner, Ş. T., & Çömez, A. (2002). Eskişehir İli Anıt Ağaçları. II. *Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, *2*, 510-519.

Gilbert N. 2016. Green space: A natural high. Nature, 531(7594): 56-57.

Haq S. 2011. Urban Green Spaces and an Integrative Approach to Sustainable Environment, Journal of Environmental Protection , 2: 601-608.

Hüse B, Szabó S, Deák B, Tóthmérész, B. 2016. Mapping an ecological network of green habitat patches and their role in maintaining urban biodiversity in and around Debrecen city (Eastern Hungary). Land Use Policy, 57:574-581.

Pehlivan T. 2016. Kentsel Yeşil Alanların Peyzaj Ve Silvikültürel Yönden Değerlendirilmesi, Trabzon Örneği, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.

Polat, O., Polat, S., Akça, E. (2011). Küresel Isınmada Ormanların Karbon Tutulumuna Etkisi: Tarsus-Karabucak Örneği. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi Özel Sayı, 313-319.

Polat Z, Kılıçaslan Ç, Kara B, Deniz B. 2015. Vısual Qualıty Assessment of Trees and Shrubs In The South Campus of Adnan Menderes University in Spring. Fresenius Environmental Bulletin. Volume 24 (12): 4303-4315.

Polat, Z. (2017). The Heritage of Nature: Heritage Trees. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 5(8): 908-916.

Shahabı L. 2012. Açık-Yeşil Alanların Yarattıkları Ekonomik Değerlerin Hedonik Fiyat Model Yöntemi İle Tespiti: Ankara Botanik Park Örneği, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Şehir Ve Bölge Planlama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Shackleton S, Chinyimba A, Hebinck P, Shackleton C, Kaoma H. 2015. Multiple benefits and values of trees in urban landscapes in two towns in northern South Africa. Landscape and Urban Planning, 136: 76–86.

WanNoor, A., Hassan, N., Hassan, K., Nayan, N.M. (2016. The Morphology of Heritage Trees in Colonial Town: Taiping Lake Garden, Perak, Malaysia. Procedia- Social and Behavioral Sciences, 222: 621–630.

Yang L, Zhang L, Li Y, Wu S. 2015. Water-related ecosystem services provided by urban green space: A case study in Yixing City (China). Landscape and Urban Planning, 136: 40-51.

DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE BOTANİK BAHÇELERİ VE BOTANİK MÜZELERİ

Derviş ÖZTÜRK
Eskişehri Osmangazi Üniversitesi

ÖZET: Botanik bahçeleri, Dünya flora çeşitliliğini ve bitki evrimini görsel olarak sunarak doğaya duyarlı ve bilgili nesillerin yetişmesine büyük katkılar sağlayan, dünyanın farklı ekosistemlerine ait bitkilerin birarada görülmesini olanaklı kılan, bitki kolleksiyonlarının ve nesli tehdit altında olan türlerin korunduğu, yaşayan bitki müzeleridir. Dünya'da sayıları 2000'e yakın olan botanik bahçelerinin her yıl 250 milyona yakın ziyaretçisi bulunmaktadır. Bilimsel temeli olması, dikkat çekici bitkilendirme tasarımları, bitki korumayı esas alması ve çevre eğitimine de katkıda bulunması gibi farklı yönleriyle özel bir bahçe kategorisidir. Botanik bahçeleriyle arboretumlar, genellikle bitkilerin bilimsel akrabalıklarına göre düzenlenmesiyle parklardan ayrılır. Kışları soğuk olan yerlerde tropik orkideler, tropik eğreltiler, tropik ve astropik bölgelerin ekonomik bitkileri, kaktüsler, afrika menekşeleri ve begonyalar gibi bitkiler bu seralarda yetiştirilir. Yeyüzündeki biyolojik çeşitliliğin devamının gerçek ve yeğane garantisi doğal bitkilerdir. Modern Toplumlarda Botanik bahçeleri ve müzeleri; doğa sevgisinin ve bilincinin ilk oluşturulduğu alanlardır. Botanik bahçeleri bulunduğu yerlere turistik bakımdan özellik katması nedeniyle de o kente gelen kimselerin görmek ve gezmek isteyecekleri önemli yerlerden birini oluşturur. Bu nedenle bu konudaki toplumsal bilincin arttırılması doğaya ilgili ve bilgili bir neslin yetiştirilmesi açısından zorunludur. Botanik bahçeleri; temel olarak bilimsel, eğitsel ve rekreasyonel açıdan önemli işlevlere sahiptir. Türkiye'de 17 botanik bahçesi bulunmaktadır ama aktif olarak çalışan 2 ya da 3'tür. Bunların arasında en iyi durumda olanları İstanbul'daki Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Ege Üniversitesi botanik bahçesidir.

Anahtar kelimeler: Botanik, Arboretum, Türkiye

Botanic Garden and Botanical Turkey in the World and Museums

ABSTRACT: Botanical gardens are living plant museums that make great contributions to the growth of nature-sensitive and informed generations by visually presenting the world's flora diversity and plant evolution, making it

possible to see plants belonging to different ecosystems of the world together, and where plant collections and endangered species are protected. Botanical gardens, which are close to 2000 in the world, have nearly 250 million visitors every year. It is a special garden category with different aspects such as having a scientific basis, remarkable planting designs, being based on plant protection and contributing to environmental education. Botanical gardens and arboretums are often separated from parks by arranging the plants according to their scientific kinship. In cold winters, plants such as tropical orchids, tropical ferns, economic crops of tropical and subtropical regions, cacti, african violets and begonias are grown in these greenhouses. The real and only guarantee of the continuation of biological diversity on the surface are natural plants. Botanical Gardens and Museums in Modern Societies; They are the areas where the love and consciousness of nature was first created. Botanical gardens constitute one of the important places that people who come to that city want to see and visit, as they add touristic features to the places where they are located. For this reason, it is imperative to increase social awareness on this issue in order to raise a generation who is interested in nature and knowledgeable. Botanical gardens; basically, it has important functions in scientific, educational and recreational terms. There are 17 botanical gardens in Turkey but actively working 2 or 3. Among these, the best ones are the Nezahat Gökyiğit Botanical Garden in Istanbul and the Ege University Botanical Garden.

Keywords: Botany, Arboretum, Turkey

GİRİŞ

Bilimsel amaçlı kurumlar olarak botanik bahçelerinin tarihçesi antik çağlara dayanmaktadır. Bilim ve eğitimdeki önemi göz önüne alınarak kurulan ilk botanik bahçesi, botaniğin babası olarak kabul edilen Theophrastus'un Atina'daki okulu yakınındaki Aristoteles tarafından kurularak kendisine miras olarak bırakılan bahçedir (Özcelik ve diğerleri, 2006). Günümüzde tanımlandığı şekliyle ilk botanik bahçeleri, İtalya Rönesans Döneminde kurulmuştur. Bunlardan ilki 1543"de Bologna yakınlarında kurulan Pisa ve 1545"de kurulan Padua Botanik Bahçeleridir. Zamanın en iyi tıp ve farmakoloji eğitiminin yapıldığı bu botanik bahçelerini, Bologna Üniversitesinde tıp ve farmakoloji dersleri veren Luca Ghini"nin kurduğu sanılmaktadır (Garbari ve Raimondo 1987). Aynı dönemde İtalya"da kurulan Floransa (1545), Pavia (1558) ve Bologna (1568) botanik bahçeleri de ilk botanik bahçeleridir. Bu dönemde bitkiler sınıflandırılmaya başlamış ve bahçeler bilimsel bir statü kazanmıştır. Daha sonraki yıllarda Leiden (Hollanda 1583), Heidelberg (Almanya 1563), Strasburg (Fransa 1649), Oxford (İngiltere 1621), Paris (Fransa 1635), Groningen (Hollanda 1642), Berlin (Almanya 1646), Upsala (İsveç 1655), Edinburg (İngiltere 1682),

Tokyo (Japonya 1684), Viyana (Avusturya 1754), Cambridge (İngiltere 1762), Coimbra (Portekiz 1773), Kew (İngiltere 1785), Calcutta (Hindistan 1787) ve Dublin (İrlanda 1795) botanik bahçeleri inşa edilmiştir (Woodland 1997). Botanik bahçeleri, Dünya flora çeşitliliğini ve bitki evrimini görsel olarak sunarak doğaya duyarlı ve bilgili nesillerin yetişmesine büyük katkılar sağlayan, dünyanın farklı ekosistemlerine ait bitkilerin birarada görülmesini olanaklı kılan, bitki kolleksiyonlarının ve nesli tehdit altında olan türlerin korunduğu, yaşayan bitki müzeleridir. Uluslararası Botanik Bahçeleri Koruma Örgütü (BGCI) botanik bahçelerini; araştırma, koruma, sergileme ve eğitim amacıyla canlı bitki koleksiyonlarının yer aldığı kuruluşlar olarak nitelendirmektedir (Muminoğlu ve diğerleri, 2018).

Botanik bahçeleriyle arboretumlar, genellikle bitkilerin bilimsel akrabalıklarına göre düzenlenmesiyle parklardan ayrılır. Bir botanik bahçesi düzenlenirken benzer bitkilerin bir araya konması geleneksel bir uygulamadır. Gene de güzel görüntüler yaratmak göz ardı edilmez, ağaç ve çalılar, kendi taksonomik gruplarından otsu bitkilerin arasına serpiştirilmiştir. Botanik bahçelerinde, genellikle bitkilerin çoğaltılmasında ya da mevsim değişikliklerinden etkilenen bitkilerin yetiştirilmesinde seralar kullanılır. Kışları soğuk olan yerlerde tropik orkideler, tropik eğreltiler, tropik ve astropik bölgelerin ekonomik bitkileri, kaktüsler, afrika menekşeleri ve begonyalar gibi bitkiler bu seralarda yetiştirilir.

1.1. Botanik Bahçeleri Ve Müzeleri Neden Gereklidir?

İnsanlarda hızlı yaşam temposu veyoğun çalışma düzenine bağlı olarak bozulan yaşam bütünlüklerine tekrar kavuşmak (=rekreasyona ulaşmak) için kısa ya da uzun süreli olarak bulundukları ortamdan uzaklaşma gereksinimi duymaktadır. Bu amaçla doğal ya da doğala yakın kırsal alanlara yönelmektedir. Bu durumda rekreasyon gereksinmesinin giderilmesi yönünde yeterli olanaklara sahip kentsel dış mekanlar öne çıkmaktadır (Hepcan ve Ayhan, 2004). Yeyüzündeki biyolojik çeşitliliğin devamının gerçek ve yeğane garantisi doğal bitkilerdir. Bu nedenle bu konudaki toplumsal bilincin arttırılması doğaya ilgili ve bilgili bir neslin yetiştirilmesi açısından zorunludur. Doğa sevgisi çocuklukta başlar. Bu nedenle botanik bahçesine getirilen çocuklar için oyalanabilecekleri oyun alanları oluşturulabilir, onların doğaya ilgisini çekecek etkinlikler düzenlenebilir ve sergiler açılabilir. Modern Toplumlarda Botanik bahçeleri ve müzeleri; doğa sevgisinin ve bilincinin ilk oluşturulduğu alanlardır. Botanik bahçeleri; temel olarak bilimsel, eğitsel ve rekreasyonel açıdan önemli işlevlere sahiptir. Botanik bahçeleri bir yandan kullanıcıların rekreasyonel ihtiyaçlarını karşılarken diğer taraftan da kullanıcılara bitkiler ve bitki tür çeşitliliği açısından da

bilgiler verir. Botanik bahçeleri; barındırdıkları bitki kompozisyonları ile insanlara mevsimler boyunca farklı görünümler arz eder, doğanın güzelliklerini sunarak insanları günlük yaşamın stresinden arındırır ve insanların doğaya karşı pozitif davranışlar sergilemesinde etkin rol alırlar. Botanik araştırmaları için canlı laboratuarlardır ve tehlike altındaki türlerin korunmasında önemli görev alırlar (Var ve Karaşah, 2010).

1.2. Dünyada Botanik Bahçeleri

Dünya'da sayıları 2000"e yakın olan botanik bahçelerinin her yıl 250 milyona yakın ziyaretçisi bulunmaktadır. 16. yy içinde sadece İtalya, Hollanda ve Almanya gibi ülkelerde bulunan, işlevleri ve kullanım olanakları açısından, kentsel dış mekânlar içinde özel bir yere sahip olan botanik bahçelerinin sayıları, sosyo-ekonomik gelişmelerini tamamlamış ülkelerde diğer ülkelere nazaran fazla artmıştır (Hepcan ve Özkan, 2005).

Günümüzde en fazla ziyaret edilen botanik bahçelerini Brooklyn ve Oxford Üniversitesi Botanik Bahçeleridir (herbiri yılda 1 milyondan fazla ziyaretçi çekmektedir. Günümüzde önemli botanik bahçeleri "Uluslararası Botanik Bahçeleri Koruma Kurumu" na üyedir. Bu kurum Dünya Koruma Birliği altında küçük bir sekreterlik olarak 1987 yılında kurulmuştur. Bugün bu kuruma 118 ülkeden 700 den fazla botanik bahçesi kayıtlıdır. 150000 den fazla bitki türünün kültüre alındığı bu botanik bahçelerinde, doğada yok olma tehdidi altında olan 12000 üzerinde bitki bulunmakta, 500 den fazla bitki türünün de kurtarma programları üzerinde çalışılmaktadır (Hepcan ve Özkan, 2005).

1.3. Türkiye'de Botanik Bahçeleri Ve Müzeleri

Türkiye"de modern anlamda ilk botanik bahçesi, bugünkü Galatasaray Lisesinin bulunduğu yerde "Mekteb-i tıbbiye Şahane" binasının yanında kurulan ve 1839 yılında hizmete açılan Galata Sarayı Botanik Bahçesi"dir. Bu bahçe tıp ve eczacılık öğrencilerinin botanik derslerinde uygulamalı eğitimini sağlamak ve bitkileri tanımak amacıyla kurulmuştur. 1949 yılında İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi"nin katkılarıyla İstanbul Bahçeköy"de bir arboretum kurulmasıyla botanik bahçeleriyle ilgili ilk adım taşları oluşturulmaya başlamıştır. İstanbul Üniversitesi Botanik Bahçesi, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Botanik Bahçesi ve Herbaryum Merkezi, Ankara Çankaya Botanik Bahçesi, Eskişehir Anadolu Üniversitesi Botanik Bahçesi, Çukurova Üniversitesi başlıcalardır. Türkiye'de 17 botanik bahçesi bulunmaktadır (!) ama aktif olarak çalışan 2 ya da 3'tür. Bunların arasında en iyi durumda olanları İstanbul'daki Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Ege Üniversitesi botanik bahçesidir.

Ülkemizde değeri bilinen 3-5 botanik bahçesi dışında kalanlar da; ilgisizlik ve bakımsızlıktan harap olurken, geriye kalanları da insanlar genelde yürüyüş amaçlı piknik amaçlı kullandığı için bilimsellikten çıkıp amacından şaşmışlardır. Dünyanın pekçok ülkesinde modern örneklerini gördüğümüz, büyük yatırımların yapıldığı, dev seralarında dünyanın pekçok otsu ve odunsu bitkilerinin sergilendiği gerçek anlamda bilimsel botanik bahçesi yada müzesi maalesef yoktur.

1935 yılının İlkbaharında İstanbul Üniversitesi Botanik Bahçesi (*Hortus Botanicus Universitatis İstanbulensis*) adı ile hizmete girmiştir. Bahçenin kuruluş tarihi de Enstitülerin açılış tarihi olarak kabul edilmiştir. Bugün bu bahçede 15 adedi seralarda, 8 adedi doğal ortamda, bir kısmı ısıtılan 23 adet çeşitli boyutlarda havuz yer almaktadır. Bahçede ayrıca 430 m2 lik bir Taş Bahçe bulunmaktadır. 160 familyadan 400 adet ağaç ve çalı ile yaklaşık 3500 adet otsu bitki parsellere yerleşmiştir. Ayrıca seralarda, bahçede sabit veya saksıya alınmış halde çeşitli cinslerden 2500 adet bitki ile Hamburg Üniversitesi Botanik Bahçesinden bağış yoluyla gelen çoğu tropik ve subtropik ülkelerin bitkisi olmak üzere, Eğrelti, Açık ve Kapalı Tohumlu bitki cinslerinden 390 adet egzotik bitki ile beraber Botanik bahçesinin toplam bitki varlığı 5000 adede yaklaşmaktadır. İstanbul Üniversitesi Botanik Bahçesi, yapısında yer alan bitki çeşitliliği ve Türkiye'de en eski botanik bahçesi ünvanı ile gerek yurt içi gerekse yurt dışında (400 botanik bahçesi ile tohum alış - verişi yapmaktadır) tanınan, saygın bir konuma sahiptir.

Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi'nin tüm adalarında, 2011 yılının mart sonu itibariyle, Türkiye ve dünyanın çeşitli bölgelerinden getirilen toplam 701 odunlu bitki türü bulunmaktadır. Bunlardan 242 tür (% 35'sı) yerli; 459 tür (% 65'ü) yabancı kökenli (egzotik) bitkidir (Karaşah ve Var, 2016; Güner ve Ark., 2009).

Türkiye'nin En Büyük Tropikal Bahçesi; Ege Üniversitesi Botanik Bahçesi'nde bulunmaktadır. 2012'de açılanTropikal Bahçe 300 metre taban alanı ve 12 metre yüksekliğe sahip ve Toplamda 1600 metre kare ile Türkiye'nin en büyüğü olmuştur. Ege Üniversitesi Botanik Bahçe Tropikal Sera'sı 150 tür bitki bulundurmaktadır. Serada 17 tür tropik meyve, 16 tür tropikal iç mekân palmiyesi, 10 tür Sikas ve 6 tür muz ağacı bulunmaktadır.

1.4. Arboretumlar

Arboretum ağaç, ağaççık veya çalı gibi odunsu bitkilerin yetiştirilmesi için ayrılmış botanik bahçeleridir. Arboretumlar çeşitli odunsu türleri içerebileceği gibi, sadece bir veya birkaç türden oluşabilir (Yücel, 2020). Arboretumlar bilimsel araştırma

ve gözlem amacıyla orijini ve yaşları belli, her biri doğru ve dikkatli bir şekilde bir araya getirilmiş olan çoğunluğu ağaç ve diğer odunsu bitki taksonlarının uygun seçilmiş alanlarda yetiştirilip sergilendiği tabiat parçalarıdır.

Atatürk Arboretumu; Sarıyer ilçesinde bulunan floristik zenginliğiyle birçok yerli ve yabancı botanikçinin ilgisini çekmiş bulunan ünlü Belgrad Ormanı'nın güneydoğusunda 296 hektarlık bir orman parçası üzerinde kurulmuştur. Sınırları içinde Osmanlı İmparatorluğu döneminde yapılan Kirazlıbent ile 1916 yılında Neşet Hoca tarafından kurulan Türkiye'nin ilk fidanlığını barındıran Atatürk Arboretumu yeryüzündeki diğer arboretum ve botanik bahçeleriyle tohum ve fidan temini konusunda işbirliği içerisindedir.

Anadolu Arboretumu; Anadolu Üniversitesi Yunus Emre Kampüsü içinde yer almaktadır. Arboretum alanı Yurtiçi Bölge Kumandanlığı arazisinin 180 dönümlük bir kısmının 1964 yılında Eskişehir İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi'ne tahsis edilmesi ile oluşmaya başlamıştır. Anadolu Üniversitesi Yunus Emre Kampüsü içinde 5000 m2'lik bir alanda, 2017 yılında Arboretuma dönüştürme çalışmaları başlatılmıştır. Bu kapsamda alanda bulunan bitkiler teşhis edilerek uluslararası kriterlere göre etiketlenmiştir. Anadolu Üniversitesi Arboretumu'nda; etiketlenmiş toplam 54 familya ve 108 cinse ait, toplam 250 tür ve tür altı takson bulunmaktadır (Yücel, 2020).

Karaca Arboretumu; Hayrettin Karaca tarafından 13,5 hektar arazi üzerinde kurulmuştur. Bugün yaklaşık 7000 civarında değişik bitki tür, alttür, varyete ve kültür formunu barındırmaktadır. Karaca Arboretum Türkiye'nin ilk özel Arboretumudur. Dikkate değer koleksiyonları Acer, Prunus, Malas, Magnolia, Quercus, Betula, Pinus, Picea, Sequoia cinslerine ait önemli birçok tür ve kültür formunu barındırmaktadır. İçerisinde kaya bahçeleri,bitki bahçeleri, iris bahçeleri, gül bahçeleri, minyatür bitkiler, Türkiye doğumlu bonsai bitki koleksiyonları vb. örnekler vardır. Başta Türkiye olmak üzere, Asya, Avrupa, Afrika, Amerika, Avusturalya kıtaları ve Yeni Zelanda'dan bitki örnekleri yanında, Türkiye'nin bazı endemik bitki örnekleri de mevcuttur. Arboretum içerisinde tahminen 5 bin odunsu, bir o kadarda otsu rizomlu ve soğanlı bitki mevcuttur.

2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmanın materyalini çeşitli ülkelerde ve Tükiye'de bulunan botanik bahçeleri oluşturmuştur. İncelenen kaynaklara dayanarak botanik bahçelerinin tanımı, önemi, amaçları ve işlevleri ortaya konmuştur. Botanik bahçelerinin tarihine kısaca

değinilerek ve dünyadan ve Türkiye'den örnekler alınarak incelenmiş, mevcut durumları karşılaştırılmıştır. Elde edilen tüm araştırma kaynaklarına dayanılarak sonuç ve öneriler getirilmiştir.

3. SONUÇLAR

Dünyada var olduğu kabul edilen 375.000 bitki türünün yaklaşık % 30'u ile Dünya Koruma Birliği (IUCN) Kırmızı Listesi'ne göre; nesli tükenme tehlikesiyle karşı karşıya olan 10.000'den fazla bitki türünün üçte birinin botanik bahçelerince kültüre alındığı tahmin edilmektedir (BGCI, 2020). Türkiye'de botanik bahçelerinin çok büyük önemi bulunmaktadır. Çünkü Avrupa'da ki toplam bitki tür sayısı 12000 civarında iken ülkemizde 10000'e yakın bitki türü ve 1200 bitki taksonu bulunmaktadır. Avrupa'da toplam 2500 tür endemik iken Türkiye 3900 civarında endemik taksona sahiptir. Batıda botanik bahçelerinin bu kadar gelişmesinin sebebi insanlarının bilinçli olmasından kaynaklıdır. Bu bahçeler yürüyüş parkı olarak kullanılmamaktadır. Bilim amaçlıdırlar. Çok büyük çok geniş kapsamlı olmakla beraber her yaşa hitap edebilecek şekilde düzenlenmiştirler. Ve alanında bilgili rehberlere sahiptirler. Bu bahçelerin bakımı da bilinçli insanlar tarafından kontrol edilmektedir. Ülkemiz dışında genelde hemen hemen her ilinde bir botanik bahçesine ve doğa tarih müzelerine sahip olan Batılı ülkeler bu potansiyellerini turizm alanında da önemli bir çeşitlilik ve gelir kaynağı olarak sunmakla birlikte doğaya ilgili ve duyarlı nesiller de yetiştirmektedirler. Türkiye'de umut verici bir gelişme olan Türkiye'nin en büyük, Avrupa'nın ikinci büyük Botanik Bahçesi olan "Türkiye Milli Botanik Bahçesi'nin" açılmıştır. 81 ilde yetişen tıbbi bitkiler, sebzeler, tahıllar, baharatlar ve meyve ağaçları için çalışmalar yapılacağının altını çizmekte, diğer taraftan Botanik Bahçesi sayesinde dijital bir data bankın oluşturulacağı hedeflenmektedir. Bahçenin 2 bin 375 dönümü peyzaj alanı olarak ayrılırken, alanda konferans salonu, tanıtım merkezi, botanik temalı ürünler satış merkezinin de bulunduğu giriş ve ziyaretçi merkezi; araştırma, koruma ve üretim seralarının içinde bulunduğu üretim ve işletme kompleksi; botanik araştırma laboratuvarları, 3 milyon bitki kapasiteli herbaryum, peyzaj tasarım stüdyoları, biyoenformasyon merkezi, kütüphane, sanat galerisi ve AR-GE merkezinin içinde bulunduğu Herbaryum ve AR-GE kompleksi; birbirine geçişli iklimsel bölümlerde kurulmuştur.

Türkiye'de; Atatürk Arboretumu (İstanbul), Yunusemre Arboretumu (Fethiye- Köyceğiz), Süleyman Demirel Arboretumu (Adana), Kavaklı Orman İşletme Şefliği Arboretumu (Zonguldak-Yenice) ve Karaca Arboretumu (Yalova), Kovada Çayı Arboretumu gibi sayılı miktarda arberetumdan bahsedilebilir. Bu arberetumlara

2018 yılında Anadolu Üniversitesi Arboretumu ilave olmuştur. Ayrıca bunlar dışında Kahramanmaraş, Antalya ve diğer bazı illerde de arboretum kurma çalışmaları devam etmekte olduğu bilinmektedir (Yücel, 2020). Bu derleme çalışma ile botanik bahçelerin önemi vurgulanmıştır.

Kaynakça

BGCI-Botanic Gardens Conservational International. 2020. http://www.bgci.org.uk, Erişim: 13.12.2020.

Ege Üniversitesi Botanik Bahçesi. www.google.com.tr/search?q=ege+botanik+bahçesi. Erişim tarihi: 10.12.2020.

Güner, E. D., Horasan, Ö., Tıpırdamaz, R., & Güllü, G. (2009). Kentsel hava kirliliği: Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Hepcan, Ç. C., & Özkan, B. (2005). Botanik bahçelerinin kentsel dış mekânlar olarak kullanıcılara sunduğu olanakların belirlenmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 42(3), 159-170.

Karaca Arboretum, www.karacaarboretum.com. Erişim tarihi: 13.12.2020.

Karaşah, B., & Var, M. (2016). Botanik Bahçelerinde Ziyaretçi Tercihlerinin Belirlenmesi 'Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Örneği'. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 16(1).

Konaklı, S. Ö. N., & Önder, S. (2011). Konya'da botanik bahçesi planlama ilkelerinin belirlenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 8(2), 1-11.

Muminoğlu, Y., Tahta, B. T., & Aslan, B. G. (2018). Kentsel yaşama bilimsel, görsel, rekreasyonel katkılar; botanik bahçeleri. Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 6(1), 519-528.

Özçelik, H., Dutkuner, İ., Balabanlı, C., Akgün, İ., Atila, G. Ü. L., Karataş, A., ... & Deligöz, A. (2006). Süleyman Demirel botanik bahçesinin tanıtımı. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(3), 352-373.

Woodland, D.W. 1997. Comtemporary Plant Systematics. Second Ed. Adrew Univ. Pres Mchigan, USA.

Var M., Karaşah B., Botanik Bahçelerinin Kullanıcılara Sağladığı Eğitsel ve Rekreatif İmkânlar, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, IV, 1467-1477, 2010.

Yücel, E. (2019). Anadolu Arboretumu'nun tarihçesi ve bitkileri, Ulusal Botanik Bahçeleri, Arboretumlar, Herbaryumlar ve Botanik Müzeleri Çalıştayı, 18-21 Nisan 2019 Düzce, Türkiye, Abstract Book, 49.

Yücel, E., (2020). Plants of the Anatolian Arboretum.

İZMİR KENT MERKEZİ KAMUSAL ALANLARDAKİ DİKEY BAHÇE UYGULAMALARI VE POTANSİYEL ALANLAR

Necmettin GÜR
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Özgür KAHRAMAN
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

ÖZET: Bu çalışma İzmir kent merkezi kamusal alanlarındaki dikey bahçe uygulamaları ile potansiyel dikey bahçe alanlarını belirlemek için yürütülmüştür. Çalışma Ekim-Kasım 2020 tarihleri arasında İzmir merkez ilçeleri; Bayraklı, Bornova, Buca, Gaziemir, Karabağlar ve Karşıyaka ilçelerinde yoğun yaya ve trafik kullanımın olduğu kamusal alanlarda gerçekleştirilmiştir. Bu alanlar ve bunlarla ilişkili kamusal binalar Google Maps ve Bing Map aracılığı ile tespit edilmiştir. Uygulanması yapılmış dikey bahçe alanları ve potansiyel dikey bahçe alanları araştırma alanında belirlenmiştir. Araştırma sonucunda; Karşıyaka ilçesinde 4, Buca ilçesinde 1 ve Bayraklı ilçesinde 1 dikey bahçe uygulaması tespit edilmiştir. Araştırma alanında toplam 411 adet dikey bahçe uygulaması yapılabilecek potansiyel dikey yüzey alanı belirlenmiştir. En yüksek dikey bahçe uygulaması yapılabilecek potansiyel dikey yüzey sayısı (159 adet) Bornova ilçesinde bulunmuştur. Tek parça halinde 900 m^2 üzerinde potansiyel dikey alana sahip ilçeler Bayraklı, Buca ve Karabağlar ilçeleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dikey Bahçe, İzmir Kent Merkezi, Kamusal Yapı Yüzeyleri

Vertical Garden Applications and Potential Areas in Public Area of Izmir City Center

ABSTRACT: This study was carried out to determine the vertical garden applications and potential vertical garden areas in puplic areas of İzmir city center. The study was conducted between October and November 2020 in İzmir central districts; Bayrakli, Bornova, Buca, Gaziemir, Karabaglar and Karsiyaka in public areas with heavy pedestrian and traffic use. These areas and associated with public buildings were determined by using Google Maps and Bing Map. Applied and potential vertical garden areas were determined in the research

area. As a result of the research; 4 vertical garden applications were determined in Karsiyaka district, 1 in Buca district and 1 in Bayrakli district. In the research area, a total of 411 potential vertical surface areas for vertical gardening were determined. The highest number (159 pieces) of potential vertical surfaces for vertical garden application was found in Bornova district. Districts with a potential vertical area of more than 900 m^2 in one piece, Bayraklı, Buca and Karabaglar districts were determined.

Keywords: Vertical Garden, Izmir City Center, Public Building Surfaces

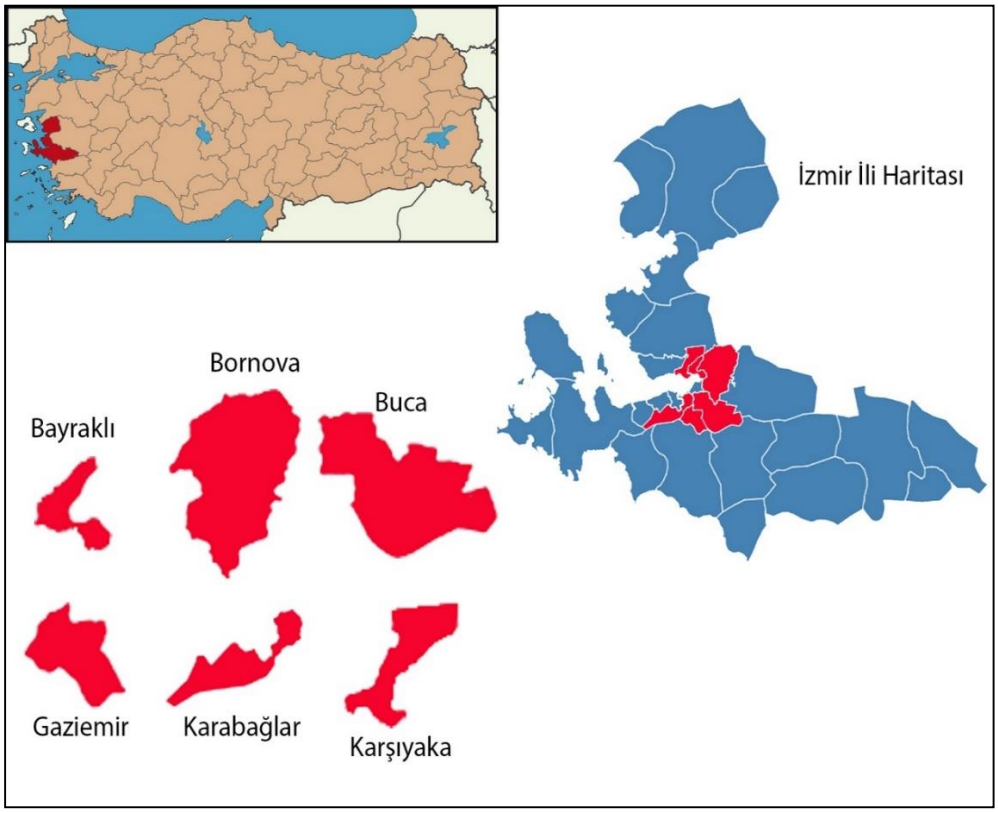
1. GİRİŞ

İklimsel değişiklikler, kentsel yapılaşma hızının artması, enerji krizleri beraberinde birçok çevresel sorunu ortaya çıkartmıştır. Bu çevresel sorunlardan biride kentsel yeşil alanlardaki daralmadır (Rakhshandehroo vd., 2015). Kentsel çevre sorunlarına çözüm oluşturmada aynı zamanda da kentsel yaşam kalitesini arttırmada dikey bahçeler önemli katkılar sağlayan uygulamalardan biri haline gelmiştir (Ekren, 2017). Dikey bahçeler, bitkisel materyalin ve dikey yüzeylerin entegrasyonunun bir sonucu olarak bitkilerin tırmanma tellerinin veya çeşitli yetiştirme ortamlarının olduğu sistemlerdir (Rakhshandehroo vd., 2015). Kentsel ısı adası etkisinin azaltılması, hava kalitesinin geliştirilmesi, estetik etkileri, yapı yüzeyi bütünlüğünün korunması, ses ve ısı izolasyonu gibi etkiler dikey bahçelerin kentsel yaşam kalitesi üzerindeki olumlu etkilerinden bazılardır (Shaikh vd., 2015; Kahraman vd., 2018). Dikey bahçelerin uygulama yöntemleri açısından farklılıklar bulunmaktadır. Metal çit sistemi, panel sistemi, modüler sistem, keçeli sistemler ve hidroponik sistemler dikey bahçe uygulama sistemleri arasında yer almaktadır (Qasim ve Güngör, 2019). Sarmaşık türü bitkilerin zeminde büyüyecek şekilde dikilip, metal çitlere sardırılarak oluşturulan uygulamalar metal çit sistemlerini meydana getirmektedir (Yücel ve Engin, 2010). Panel sistemler ve modüler sistemler ise hareketli veya direkt yüzeye monte edilerek uygulanan üst üste dizilmiş saksılardan oluşan sistemlerdir (Mayuk vd., 2012). Keçeli sistemler, kesecikler halinde hazırlanan alanlara toprak doldurularak bitkisel materyalin içine yerleştirildiği sistemlerdir. Bu sistemlerde diğer sistemlerden farklı olarak keçenin su tutma kapasitesinden faydalanılmaktadır (Çelik ve Ender, 2015). Hidroponik dikey bahçe sistemleri, bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin maddelerinin suda çözünmüş halde bitki köklerine verildiği sistemlerdir (Mayuk vd., 2012).

Bu çalışma İzmir merkez ilçeleri; Bayraklı, Bornova, Buca, Gaziemir, Karabağlar ve Karşıyaka'daki mevcut dikey bahçeleri uygulamalarını belirlemek, yoğun yaya ve trafik kullanımına sahip kamusal alanlardaki potansiyel dikey bahçe alanlarını tespit etmek için yürütülmüştür.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma Ekim-Aralık 2019 tarihleri arasında İzmir merkez ilçeleri; Bayraklı, Bornova, Buca, Gaziemir, Karabağlar ve Karşıyaka ilçelerinde, yoğun yaya ve trafik kullanımına sahip kamusal alanlarda yürütülmüştür (Şekil 1). İzmir Konak merkez ilçesi diğer merkez ilçelere göre daha çok kamusal yapı ve alan barındırmasına karşın, bu alanlardaki özel mülklerin yoğunluğu ve mevcut kamusal yapıların büyük bir bölümünün tarihi yapı niteliğinde olması nedeniyle çalışma alanına dâhil edilmemiştir. Buca ve Gaziemir ilçelerinde yer alan tarihi ve askeri nitelikli alanlar ile Gaziemir ilçesindeki Adnan Menderes Havalimanı çalışma alanı dışında bırakılmıştır. Çalışma alanı içindeki merkez ilçelerde; metro durakları ve banliyö tren istasyonları, karayolu alt geçitleri, yaya üst geçitleri, karayolu viyadük ayakları, mezarlık alanları, üniversite girişleri, istinat duvarları, tarihi olmayan ve yoğun kullanımdaki kamu binaları araştırma kapsamında değerlendirmeye alınmıştır. Yoğun araç trafiğinin olduğu alanları belirlemek için Google Maps ve Bing Map uygulamalarından yararlanılmıştır. Belirlenen alanların yerinde tespiti, incelemesi ve fotoğraf çekimleri yapılmıştır. Mevcut dikey bahçe uygulamaları alan büyüklüğüne göre; üç farklı kategoriye ayrılmıştır. 1-10 m^2 yüzey alana sahip dikey bahçe uygulamaları "Küçük", 11-20 m^2 yüzey alana sahip dikey bahçe uygulamaları "Orta", 21 m^2 ve üstü yüzey alana sahip dikey bahçe uygulamaları "Büyük" olarak sınıflandırılmıştır. Potansiyel alanlar, "1-10", "11-20", "21-40", "80-100", "101-120", "180-200", "900-1000", "1100-1200", "1300-1400", "1500-1600" m^2 aralıklarla sınıflandırılmış ve potansiyel dikey bahçe alanları ilçelere göre alan ve adet bazında değerlendirmeye alınmıştır.



Şekil 1. İzmir Kent Merkezi araştırma alanları

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

İzmir kent merkezi Bayraklı, Bornova, Buca, Gaziemir, Karabağlar ve Karşıyaka ilçelerinde yerinde yapılan incelemelerde mevcut 6 adet dikey bahçe uygulaması tespit edilmiştir. Tespit edilen dikey bahçe uygulamaları Bayraklı, Buca ve Karşıyaka ilçelerinde bulunmaktadır (Tablo 1). Bayraklı ilçesinde orta büyüklükte (Şekil 2), Buca ilçesinde ise büyük ölçekte (Şekil 3) birer adet dikey bahçe uygulaması belirlenmiştir. Karşıyaka ilçesinde 1 adet orta, 3 adet büyük dikey bahçe uygulaması tespit edilmiştir (Şekil 4).

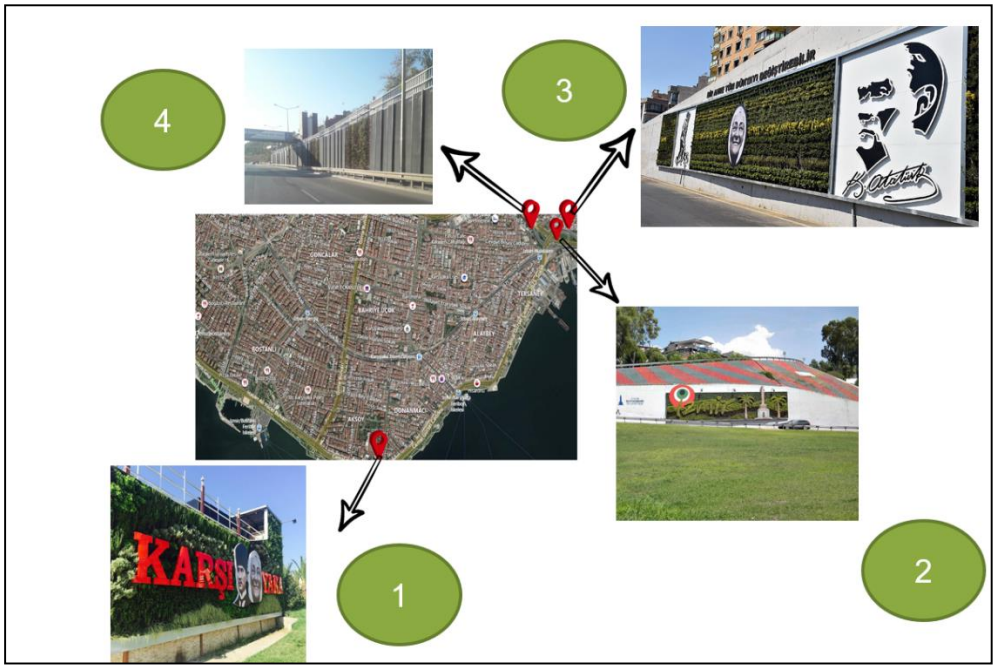
Tablo 1. Araştırma alanındaki mevcut dikey bahçe uygulamaları

İlçeler	Dikey bahçe uygulamaları (adet)		
	Küçük (1-10 m^2)	Orta (11-20 m^2)	Büyük (21 m^2 ve üstü)
Bayraklı	-	1	-
Bornova	-	-	-
Buca	-	-	1
Gaziemir	-	-	-
Karabağlar	-	-	-
Karşıyaka	-	1	3

Tespit edilen mevcut dikey bahçe uygulamalarında, çoğunlukla keçeli sistem kullanılmış, bazı uygulamalarda ise farklı dikey bahçe sistemleri ile yapı unsurları yer almaktadır. Dikey bahçe sistemlerinin sulanması sonucu oluşan drenaj sularının tekrar kullanımını sağlamak için sistemlere depo ilave edildiği tespit edilmiştir. Bayraklı ve Karşıyaka ilçelerinde bulunan dikey bahçe uygulamalarında tasarıma zenginlik katmak amacı ile seramik görsel elemanlar, ahşap kesim portre ve yazılar kullanıldığı belirlenmiştir (Şekil 2, 4[1, 2, 3,]). Ayrıca Karşıyaka ilçesi dikey bahçe uygulamalarından birisinde keçeli sisteme ilaveten mumyalanmış yosunlar kullanılarak yosun duvar sistemi oluşturulduğu tespit edilmiştir (Şekil 4[2]).

Şekil 2. Bayraklı ilçesi kamusal alandaki mevcut dikey bahçe uygulaması

Şekil 3. Buca ilçesi kamusal alandaki mevcut dikey bahçe uygulaması



Şekil 4. Karşıyaka ilçesi kamusal alandaki mevcut dikey bahçe uygulamaları

Çalışma alanında toplam 411 adet potansiyel dikey bahçe oluşturulabilecek alan belirlenmiştir (Tablo 2). Adet bazında en yüksek potansiyel dikey bahçe oluşturulabilecek alan sayısı 341 adet ile yüzey alan büyüklüğü 1-10 m^2 olan yüzeylerde

bulunmuştur. Bu alan büyüklüğünde en fazla potansiyel alana sahip merkez ilçe Bornova ilçesidir. 900 m^2 ve üzerinde dikey bahçe potansiyel alana sahip ilçeler ise Bayraklı, Buca ve Karabağlar ilçeleridir. Buca ilçesinde 900 m^2 üzeri 2 adet potansiyel dikey bahçe alanı tespit edilmiştir. Bayraklı ilçesinde 1 adet 1500 m^2 üzeri potansiyel dikey bahçe alanı belirlenmiştir. İlçelerdeki potansiyel alanların adet bazında çoğu yoğun yaya kullanımında olan İzmir Metro durakları ve İzmir Banliyö tren istasyonlarında yer aldığı tespit edilmiştir.

Tablo 2. İlçelere göre potansiyel dikey bahçe uygulanabilecek alan sayıları (adet)

İlçeler	Dikey bahçe uygulanabilecek alan büyüklüğü (m^2)										
	1-10	11-20	21-40	80-100	101-120	180-200	900-1000	1100-1200	1300-1400	1500-1600	Toplam
Bayraklı	35	15	2	2						1	55
Bornova	152	5		1		1					159
Buca	40				1		1	1			43
Gaziemir	30				18						48
Karabağlar	34	18							1		53
Karşıyaka	50	3									53
Toplam	341	41	2	3	19	1	1	1	1	1	411

Bayraklı ilçesindeki “1-10” ve “11-20” m^2 aralıklarındaki potansiyel alanların büyük çoğunluğu İzmir Banliyö tren istasyonlarında bulunmaktadır (Şekil 5).

Şekil 5. Bayraklı ilçesi potansiyel alanlarından "TURAN" tren istasyonu

Bornova ilçesinde potansiyel alanların yoğunluğu; çok yoğun araç ve yaya kullanımı olan Ankara Caddesi üzerindeki köprüyol ayakları ile İzmir Şehirler Arası Otobüs Terminali'nde bulunmaktadır (Şekil 6).

Şekil 6. Bornova ilçesi potansiyel alanlarından Ankara Caddesi köprüyol ayakları

Buca ilçesi İzmir ilinin nüfusu en kalabalık olan ilçesidir (İzmir Valiliği, 2018). E-881 otoyolundan Doğuş Caddesi'ne bağlanan yolun devamında; Karayolları Şantiye Müdürlüğü, Buca Belediyesi Özgür Hayvan Parkı ve Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Yerleşkesi boyunca uzanan istinat duvarları dikey bahçe oluşturulabilecek en büyük yüzey alanına sahip potansiyel alanlardır (Şekil 7).

Şekil 7. Buca ilçesi potansiyel alanlarından "Özgür Hayvan Parkı" istinat duvarı

Gaziemir çalışma alanı içindeki ilçeler arasında en az nüfusa sahip ilçedir. Akçay Caddesi üzerindeki otoyol altgeçitleri dikey bahçe oluşturulabilecek potansiyel yerler arasındadır (Şekil 8). İzmir Banliyö tren istasyonları yoğun yaya kullanımının olduğu yerler olmakla birlikte çok sayıda dikey bahçe oluşturulabilecek alanlara da sahiptir.

Şekil 8. Gaziemir ilçesi Akçay Caddesi otoyol altgeçidi potansiyel alan örneği

Karabağlar ilçesi çalışma alanı içindeki en kalabalık ikinci ilçesidir. İzmir Metro durakları, yaya üst geçitleri, az sayıdaki köprüyol ayakları ile Yeşillik Caddesi üzerindeki Paşa Köprüsü Mezarlığı duvarı (Şekil 9) ilçenin potansiyel dikey bahçe alanları arasında yer almaktadır.

Şekil 9. Karabağlar ilçesi Paşa Köprüsü Mezarlığı duvarı potansiyel alan örneği

Karşıyaka ilçesinde diğer ilçelerde olduğu gibi potansiyel dikey bahçe alanlarının çoğu yoğun yaya kullanımının bulunduğu "İzmir-Banliyö" tren istasyonlarında bulunmaktadır (Şekil 10).

Şekil 10. Karşıyaka ilçesi potansiyel alanlarından "ALAYBEY" tren istasyonu

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışma sonuncunda; Bayraklı, Bornova, Buca, Gaziemir, Karabağlar ve Karşıyaka ilçelerinde toplam 411 adet potansiyel dikey bahçe alanı tespit edilmiştir. Bu alan içinde uygulaması yapılmış 6 adet dikey bahçe örneği saptanmıştır. Araştırma alanı içerisinde hem sayısal açıdan hem de alan büyüklüğü bakımından dikey bahçe uygulaması yapılabilecek değişik büyüklük ve sayıda potansiyel alanlar yer almaktadır. Dikey bahçe uygulaması yapılabilecek 341 adet 1-10 m^2 alan büyüklüğüne sahip potansiyel alan belirlenmiştir. Bayraklı, Buca ve Karabağlar ilçelerinde ise 900 m^2 üzerinde dikey bahçe oluşturulabilecek potansiyel alanlar mevcuttur. Potansiyel alanlarda olası uygulamaların sürdürülebilirliği için uygun olabilecek sistemlerin, keçeli sistem, panel sistem ve modüler sistemler olabileceği düşünülmektedir. Az sayıdaki mevcut dikey bahçe uygulamalarına, araştırma ile belirlenen potansiyel dikey bahçe alanlarının kısmi olarak uygulamaya geçirilmesi; hem kent insanına hem de kentsel biyoçeşitliliğe olumlu katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Çelik, A., Ender, E. (2015). "Dikey bahçe ve Türkiye'deki uygulamaları", Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 8(1): 67-70.

Ekren, E. (2017). "Advantages and risks of vertical gardens", Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 19(1): 51-57.

Kahraman, Ö., Aktaş, M., Yurtsever, N.. (2018). "Çatı ve Dikey Bahçeler Bakımından Çanakkale Kent Merkezinin Değerlendirmesi", ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2018(6):153-159.

Mayuk, S. G., Serter, N., Yüksel, E. (2012). "Bitkilendirilmiş cephe sistemi detaylarının irdelenmesi ve geliştirilmesine yönelik bir çalışma", Sürdürülebilir Yapı Tasarımı Ulusal Konferansı, 12-13 Kasım 2012, Bornova, İzmir.

Qasim, S.A.Q., Güngör, S. (2019). "Investigating the vertical garden aplication in Konya City, Turkey: A case study", Archives of Agriculture and Environmental Science, 4(1): 63-68.

Rakhshandehroo, M., Yusof , M.J. M., Arabi, R. (2015). "Living wall (vertical greening): benefits and threats", Applied Mechanics and Materials, 747: 16-19.

Shaik, A. F., Gunjal, P. K., Chapel, N.V. (2015). "A review on green walls technology, benefits an desing", International Journal of Engineering Sciences & Research Technology, 4(4):321-322.

T.C İzmir Valiliği (2018). "İstatistiklerle İzmir". http://www.izmir.gov.tr/istatistiklerle-izmir Erişim. 15.11.2020

Yücel, G, Elgin, Ü. (2010). "Duvar bahçesi: dikey bahçe / yeşil duvar", Mavi Yapı Dergisi, 1(2): 51-53.

ARAZİ YÖNETİMİ ANLAYIŞINA DAYALI 1:25.000 ÖLÇEKLİ ARAZİ KULLANIM ENVANTERİ VE PLAN ÖNERİSİ: BALIKESİR ÖRNEĞİ

Y. Şehir Plancısı Faruk ALTUN
İstanbul Okan Üniversitesi

Prof. Dr. Nihat Enver ÜLGER
İstanbul Okan Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa KURT
İstanbul Okan Üniversitesi

ÖZET: Sürdürülebilir arazi yönetiminin gerçekleştirilebilmesi sadece bölgesi için değil tüm dünya için hayati önem taşıyan bir konudur. Sürdürülebilirlik ilkeleri, küresel belirsizlikler, iklim değişikliği, su kaynaklarının ve verimli toprakların kirlenmesi ve azalması, biyolojik çeşitliliğin azalması ve benzeri gibi pek çok durum arazi yönetimini gerekli kılmaktadır.

Bu araştırmada arazi yönetim paradigması kapsamında kentsel gelişme alanlarının planlanabilmesi konusu araştırılmıştır. Öncelikle kırsal ve kentsel arazi özelliklerini sınıflandıran arazi yönetim envanteri oluşturulmuştur. Envanter, Türkiye'nin kendine özgü arazi kullanım koşulları (kentleşme karakteri, doğal afet türleri, arazi kullanım ve koruma mevzuatı) dikkate alınarak, daha düşük ölçeklerde arazi geliştirme kararlarına rehber olması amacıyla 1:25.000 ölçeğinde geliştirilmiştir. Örnek alan olarak Balıkesir il bütünü için kırsal ve kentsel envanterin tümünü içeren veri tabanı altyapısı oluşturulmuştur. İkinci aşamada envanterin planı yönlendirecek değerlendirme yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntem ile kentsel gelişmeyi yönlendirecek; yerleşilemez alanlar, irdelenerek yerleşilebilir alanlar ve yerleşime uygun alanlar olarak üç kategori oluşturulmuştur. Sonuç olarak üçüncü aşamada bu değerlendirme yöntemine göre Balıkesir ili için plan önerisi geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arazi Yönetimi, Kırsal Alan Envanteri, Kentsel Alan Envanteri, Balıkesir-Türkiye.

Proposal of Land Use Inventory and Plan Based on Land Administration Approach Scaled 1:25.000: Balikesir Example

ABSTRACT: The realization of sustainable land administration is a vital issue not only for the region but also for the whole world. Many situations such as sustainability principles, global uncertainties, land as a scarce source, climate change, pollution and reduction of water resources and fertile agricultural land, decrease in biological diversity and so on, require land administration.

In this research, the subject of planning urban development areas within the scope of land administration paradigm was investigated. First, a land management inventory that classifies rural and urban land features was created. The inventory has been developed according to consideration on Turkey's specific land use conditions (urbanization character, natural disaster types, legislation of land use and conservation) at a scale of 1:25.000 for being a guide to land development decisions in lower scales. As an example, a database infrastructure including the entire rural and urban inventory was created for the Balikesir. In the second stage, the evaluation method of the inventory that will guide the plan was developed. With this method three categories were created to guide urban development as not suitable for settlement, which have needed assessment of suitability for settlement, and suitable for settlement. As a result, a plan proposal was developed for Balikesir province according to this evaluation method in the third stage.

Keywords: Land Administration, Rural Area Inventory, Urban Area Inventory, Balıkesir-Türkiye.

1. Giriş

Çağımız küreselleşme paradigmasında yönetim ve yönetişim konuları tüm sektörlerde tartışılan bir konu olması ile, sürdürülebilir arazi yönetiminin gerçekleştirilebilmesi sadece bölgesi için değil tüm küre için hayati önem taşıyan bir konudur. Sürdürülebilirlik ilkeleri, arazinin kıt kaynak olması, iklim değişikliği ve bu nedenle oluşan küresel belirsizlikler, su kaynaklarının kirlenmesi ve azalması, verimli toprakların kirlenmesi ve azalması, biyolojik çeşitliliğin azalması ve benzeri gibi pek çok durum arazi yönetimini gerekli kılmaktadır.

Arazi yönetim paradigması, arazi kullanım haklarını koruyan, değerlemesini yapan, kullanma ve geliştirme süreçlerini tanımlayan ve izleyen bir yönetim modeli olarak tanımlamaktadır (Williamson ve diğ., 2010). Bu yönetim modeli arazinin eko-

lojik, işlevsel, ekonomik, mülki ve idari envanter altyapısının geliştirilmesine dayanmakta olup, arazi yönetim modeli envanter bilgi sisteminin geliştirilmesinin avantajları genel olarak beş konu ile özetlenebilir (Ülger, 2020). Bunların başında kişiler ve kurumlar arasındaki ilişkinin iyileştirilmesinde ön plana çıkması gelmektedir. Arazi yönetimi için oluşturulacak envanter/bilgi bankası teknolojinin de yardımlarıyla arazinin değişken yapısının daha hızlı ve verimli denetiminin sağlanmasında önemli bir çözüm aracıdır (Ülger, 2020). Arazi kullanımındaki ve mülki haklara karşı oluşan hataların incelenmesi için bu tür sağlıklı ve güncellenebilen envanter altyapısına ihtiyaç bulunmaktadır. Ayrıca bu envanter değerleme sistemi için de kolaylaştırıcı bir bilgi bankası olabilmektedir. Arazi yönetimi son yirmi yılın en önemli kentsel meselesi olan dönüşüm konusunda makro ve mezo ölçeklerde yer seçimini yönlendirici envanter sunabilmektedir (Ülger, 2020).

Bu çalışmanın amacı arazi yönetim modelinin önerdiği veri sınıflamasına göre il bütününde 1:25.000 ölçekte envanter altyapısının geliştirilerek yerleşime uygun gelişme alanlarına dair plan önerisi geliştirilmesidir. Örnek alan olarak Türkiye, Balıkesir İli seçilmiştir. Zengin kırsal envantere sahip Balıkesir İlinin kent-kır dengesinin korunması, gelişme potansiyellerinin gerçekleştirilmesi ve arazinin optimum verimde kullanılabilmesi amaçlarına uygun olarak arazi yönetim modeli altyapısına acilen ihtiyaç duyan iller arasındadır. Bu tür bir envanterin varlığı kurumlar arası dil birliğini sağlayacağından, deprem tehdidi açısından da önemli bir noktada olan ilin, arazi kullanım planlama kararların yönlendirilmesinde önemli bir rol üstlenecektir.

2. Arazi Yönetimi

Dünyada on dokuzuncu yüzyıl ülkemizde yirminci yüzyılın ikinci yarısında hızlanan kentleşme olgusu ve sanayileşmeye hızlı adaptasyon arazi kullanımının kontrolsüzlüğünü de beraberinde getirmiş arazi verimliliğini kısıtlamıştır. Verimli toprakların azalması, su havzalarının kirlenmesi, toprağın kirlenmesi ve gıda güvenliğinin bozulması, orman alanlarının daralması, kırsal yaşamın özelliklerini yitirmesi gibi durumlar arazinin verimli yönetilememesinden kaynaklanmıştır. Bu süreçte gelişen yerleşik alanlar planlı ya da plansız olsun mümkün olduğunca ekonomik büyümeyi ön plana alarak arazinin kendine özgü korunması gereken ya da yerleşim yerinin güvenliği açısından sakınılması gereken konuları göz ardı etmiştir.

Son otuz kırk yılda ise sürdürülebilirlik ilkesi çerçevesinde sosyal, ekonomik, ekolojik olarak bir denge halinde toplumların varlıklarını sürdürmeleri için kayıpları girmeye ve önlemler almak için yapılan çalışmalar önem kazanmaktadır. Arazinin korunması ve sakınılması gereken özelliklerini göz ardı ederek hava-su-toprak gibi

temel yaşam kaynakların kirletildiği ve tüketildiği, biyolojik çeşitliliğin azaldığı bugünlerde, gelecek nesillerin devamlılığının sağlanabilmesi için önemli tedbirler alınması gerektiği kabulü yaygınlaşmıştır (Özcan, 2016; Gedikli,2017).

Ayrıca çağımız teknolojik imkânları arazide ne tür varlığın, nerede yer aldığı bilgisinin oluşturulması; saklanması ve paylaşılması konusunda gelişmiş imkânlar sunabilmektedir. Ancak bu imkânlar her geçen gün daha hızlı, düşük maliyetli, yaygınlaştırılabilir olabilecek düzeye gelebilmek için çalışmalar sürdürülmektedir.

Arazi yönetimi kırsal ve kentsel arazinin verimli kullanımını ön plana çıkarmaktadır. Bu nedenle araziye ilişkin kapsamlı bir veri bankası alt yapısı ve buna dayanan şeffaf bir yönetim sistemi için bilgi akışını tanımlamaktadır (Ülger, 2020).

Aksu ve Iban (2017) arazi yönetim modeline göre 1:25.000 ölçekte İstanbul örneğinde geliştirdikleri envanter çalışmasında, planlama hiyerarşisi kapsamında arazi kullanım kararlarının üretilme sürecinin ilk safhasında doğru, güncel ve kullanışlı envanterin geliştirilmesi gerektiğini ifade etmektedirler. Ancak Türkiye'de kurumların farklı kapasitelerde olmaları nedeniyle henüz tam olarak birbirleri ile uyumlu bir arazi yönetim veri tabanına sahip olmadıkları belirtilmektedir (Aksu ve İban, 2017). Özellikle de 6360 sayılı yasa gereği yeni Büyükşehir Belediyesi statüsüne getirilen illerde bu kapasitenin gelişmesi planlama çalışmalarının il bütününde yapılacak olması nedeniyle daha da önem kazanmaktadır.

3. Materyal ve Metod

Arazi yönetim envanteri 1:25.000 ölçeğinde çalışılmıştır. Envanter sistemi iki basamaktan oluşmaktadır; birinci basamağı kırsal ve kentsel alan envanterleri adı altında ikiye ayrılmaktadır. Kırsal/doğal alanlara ilişkin envanter çalışmasında, tarım, orman, mera, sulak alanlar ve su yüzeyleri ile tarım yapılamayan alanlara dair veri setleri kullanılmıştır. Yapılaşmış alanlar dışında kalan alanlar arazi kullanım sınıflandırmasına göre ele alınmıştır. Kırsal Alan envanteri arazi kullanım sınıflaması Tarım ve Orman İl Müdürlüğü'nden temin edilen STATİP verisi kullanılmıştır. Kırsal alan envanterine korunacak alanlar ile sakınılacak alan analizleri de eklenmiştir (Tablo 1). Balıkesir Büyükşehir Belediyesi, Çanakkale-Balıkesir Kalkınma Ajansı, Türkiye İstatistik Kurumu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Balıkesir Çevre Düzeni Planı, CORINE 2018 arazi kullanım veri tabalarından arazi kullanım ve istatistik verileri temin edilmiştir.

Kentsel alan envanteri çalışması CORİNE 2018 kentsel alan veri setinin uydu görüntüsü ve meri plan bilgileri ile güncellenerek düzenlenmesi ile üretilmiştir (Tablo 1). Kentsel alan envanterinde büyük kamu alanları, büyük açık alan gerektiren

kamu kuruluş alanları; devlet ve araştırma hastaneleri, üniversite alanları, büyük ölçekli kamu yapıları ve benzeri gibi mekânları kapsamaktadır. Enerji alanları; tüm enerji üretim tesislerini kapsamaktadır (güneş, rüzgâr, doğalgaz vb. gibi). Yerleşim alanları; konut, küçük ölçekli donatı, küçük ölçekli ticaret, kent içi yeşil alanlar, gibi işlevleri kapsamaktadır.

Kırsal ve kentsel alanlara envanteri bir araya getirilerek sentez veri tabanı oluşturulmuş olup, envanter sisteminin ikinci basamağı tamamlanmıştır. Ancak STATİP veri setinde yer alan yerleşik alan lekesi ile CORINE veri setinde bazı bölgelerde uyumsuzluklar tespit edilmiştir. Bu uyumsuz alanlar STATİP verisine göre tarım, orman, çayır, mera olmaktan çıkarılmış alanlar olmakla birlikte yerleşik alanlar da olmadıkları için sentez çalışmasında "Tarımsal alan sınıflamasında yerleşim alanı olarak tanımlanan ancak fiilen yerleşilmemiş alanlar" olarak tanımlanmıştır (Tablo 1).

Planlama çalışması öncesinde ilgili mevzuat ve yerleşilebilirlik kriterlerine göre yerleşilemez, irdelenerek yerleşilebilir ve yerleşime uygun alanlar tanımlarına giren arazi türleri sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma Tablo 2'de verilmektedir. Bu sınıflandırmaya göre alanlar tespit edilmiştir. Ardından planlama çalışmasında yerleşime uygun alanlar öncelikli tutularak merkez yerleşimler için gelişme alanları önerilmiştir.

Tablo 1. Sentez Veri Tabanı Veri Sınıflaması (Çalışma kapsamında üretilmiştir).

Ana Konu	**Alt Başlıklar**		
Mevcut Arazi Kullanım	Kentsel	Yerleşim Alanı	Yeşil Şehir Alanı
		Endüstriyel ve Ticari Alan	Enerji Alanı
		Turizm Alanı	Maden Çıkarım Alanı
		Büyük Kamu Alanı	Atık Alanı
		Askeri Alan	İnşaat Alanı
		Spor ve Eğlence Alanı	
	Kırsal	Çayır- Mera	Mutlak Tarım Alanları
		Diğer Alanlar	Orman Alanları
		Dikili Tarım Alanları	Özel Ürün Alanları

		Marjinal Tarım Alanları		
		Tarımsal Alan Sınıflamasında Yerleşim Alanı Olarak Tanımlanan Ancak Fiilen Yerleşilmemiş Alanlar		
Hidroloji	Deniz		Göl-gölet	
	Akarsu (alan ve sınır)		Sulama Alanı	
	Baraj			
Ulaşım	Karayolları	Proje Otoyol	Birinci Derece Yol	
		Otoyol- Ekspres Yol	İkinci Derece Yol	
	Demiryolları			
	Havayolları	Havaalanı / Hava Limanı		
		Heliport		
	Denizyolları	Tersane	Liman / Liman Geri Alanı	
		Balıkçı Barınağı	Deniz Ulaşım Bağlantıları	
		Yat Turu Güzergâhı		
Enerji	Enerji iletim Hattı		Doğal Gaz Boru Hattı	
	Akaryakıt Hattı		Enerji Üretim tesisleri	
Sakınılacak alanlar				
	Fay Hattı		Deniz Çekilmesi	Mania Sınırı
	Fay Hattı Koruma Kuşağı		Heyelan	Sel/Su Baskını
	4+ Deprem Noktaları		Kaya Düşmesi	Sel + Heyelan
Sit Alanları	Arkeolojik Sit Alanı		Doğal Sit Alanı	Kentsel Sit Alanı
	Doğal ve Arkeolojik Sit alanı		Diğer Sit Alanları	
Özel Statülü Alanlar	Milli Park		Ramsar Sınırı	
	Tabiat Parkı / Tabiat Koruma Alanı		Sulak Alan Bölgesi	
	Doğal ve Arkeolojik Niteliği Korunacak Alanlar		Yaban Hayatı Koruma / Geliştirme Alanı	
	Sulak alan Ekolojik Etkilenme Bölgesi		Sulak alan Tampon Bölgesi	
	Kültür ve Turizm Koruma ve Gelişim Bölgesi / Turizm Merkezi			
	Mutlak Koruma		Kısa Mesafe Koruma	
	Orta Mesafe Koruma		Uzun Mesafe Koruma	

İçme Suyu Koruma Kuşakları	Proje Mutlak Koruma	Proje Kısa Mesafe Koruma	
	Proje Orta Mesafe Koruma	Proje Uzun Mesafe Koruma	
Fauna	Önemli Deniz Canlısı	Önemli Kara Canlısı	Önemli Kuş Alanı
Flora	Tehlike Altına Girebilecek Endemik Türler		
	Zarar Görebilecek Olan Endemik Türler		
	Tehlikede Olan Endemik Türler		
	Çok Tehlikede Olan Endemik Türler		
	Yok Olma Tehlikesi Atında Olan Endemik Türler		
	Önemli Bitki Alanları		
	Önemli Doğa Alanı		

Tablo 2. Yerleşime Uygunluk Analizi ve Plan Önerisi Veri Sınıflandırması (Çalışma kapsamında üretilmiştir).

Yerleşik alan	Askeri alan, boşaltım alanı, büyük kamu alanı, endüstriyel ve ticari alan, enerji alanı, havaalanı, liman, spor ve eğlence alanı, turizm alanı, yerleşim alanı, yeşil şehir alanı, inşaat alanı
Yerleşilemez (kesin sakıncalı) alanlar	Tarımsal kullanım: kuru mutlak tarım, orman, sulu mutlak tarımsal kullanım, sulu özel ürün, su yüzeyler
	Arazi eğimi: %40+
	Sulak alan bölgesi
	I. Derece doğal sit alanı
	I. ve II. Derece arkeolojik sit alan
	İçme suyu koruma kuşağı: Mutlak ve kısa mesafe
	Fay hattı yaklaşma mesafesi
	Kıyı kenar sahil şeridi: birinci 50 metre
İrdelenmesi gereken	Tarımsal kullanım: Çayır/ diğer alanlar, Dikili diğer, Dikili Zeytin, Mera
	Eğim: Arazi eğimi %20/%30
	Tabiat parkı/tabiatı koruma alanı,
	Milli park
	Avlak sınırı
	Ramsar sınırı
	Sulak alan etkilenme bölgesi,
	Yaban hayatı koruma / geliştirme bölgesi
	Yaban hayatı yerleştirme sahası,

	II. Derece doğal sit alanı
	Derecesi belirlenmemiş sit alanları
	İçme suyu koruma kuşağı: orta ve uzun mesafe
	Jeolojik riskli alanlar
	Kıyı kenar sahil şeridi: ikinci elli metre
	Havalimanı uçuş koridoru (havamania)
	Akarsu yaklaşma mesafesi
	Maden çıkarım alanı
Yerleşmeye uygun alanlar	Tarımsal Kullanım: Kuru Marjinal Tarım, Yerleşim Alanları, Sulu Marjinal Tarım
	Arazi eğimi %0/%20
	Kültür ve Turizm Gelişme Bölgesi/ Turizm Merkezi
	Kentsel Sit Alanı

4.Balıkesir İli Kırsal ve Kentsel Alan Envanter Sentezi

Balıkesir İli Kuzeybatı Anadolu'da Marmara Bölgesinin Güneyinde, topraklarının bir kısmı da Ege Bölgesinde kalacak şekilde konumlanmaktadır (39° 39.' boylam ve 27° 52,2' enlem). Batısında Çanakkale, doğusunda Bursa ve Kütahya illeri, güneyinde Manisa ve İzmir illeri ve kuzeyinde Marmara Denizi vardır. Aynı zamanda Ayvalık ilçesi sınırı ile Yunanistan'ın Midilli Adası'na komşudur. Yüz ölçümü (göl dahil) 14.272 km^2'dir.

6360 Sayılı Kanun'la yapılan düzenlemeler sonrasında Balıkesir Büyükşehir Belediyesi 20 ilçeden oluşmuştur. Aynı zamanda Balıkesir İli 'ne bağlı çok sayıda ada bulunmaktadır. Bu adaların bazı küçük olanlarında yaşam yer almamaktadır. Balıkesir ili kırsal ve kentsel alan envanter sentezi Şekil 1'de verilmiştir.

Kuzey-güney doğrultusunda İstanbul-İzmir Bağlantısını kuran O-5 ve Bursa-Manisa- İzmir bağlantısını kuran D565 karayolu ile Kütahya- Edremit bağlantısını kuran D230 karayolunun kesişimindedir. Doğu-batı doğrultusunda ise Çanakkale-Bursa bağlantısını kuran D200 karayolu hattında kalmaktadır. Kınalı-Tekirdağ-Çanakkale-Savaştepe (195 Çanakkale Köprüsü dahil) Proje Otoyolu Balya ve Karesi ilçelerinden geçmektedir.

Deniz ulaşımında da önemli bir role sahiptir. Bandırma Limanı, bölge içerisinde en uzun rıhtım uzunluğuna sahip olmakla 20.000 groston kapasitesi, 20 rıhtım ve Ro-Ro gemilerine hizmet vermek gibi Türkiye ve Bölge için uluslararası yük taşımacılığına da hizmet verebilen önemli bir kapasiteye sahiptir (Güney Marmara Kalkınma Ajansı, 2019a) Yolcu taşımacılığı için Ayvalık Limanı (- Yunanistan, Mi-

dilli Limanı), Erdek- Marmara Adası Limanları (- Tekirdağ, Kumbağ Limanı), Bandırma Limanları (-Tekirdağ, Süleymanpaşa Limanı ve -İstanbul, Yenikapı Limanı) hizmet vermektedir.

Havalimanı tesislerine bakıldığında, yolcu ve/veya askeri amaçlı kullanılan üç adet hava alanı bulunmaktadır; Edremit Koca Seyit Havalimanı ile Altıeylül İlçesinde Balıkesir Merkez havalimanı ile Bandırma ilçesinde askeri hava limanıdır. Ayrıca, Bandırma- Balıkesir- Manisa- İzmir ile Bandırma-Balıkesir-Kütahya demir yolu hattı bulunmaktadır.

Uluslararası öneme sahip doğalgaz boru hatları ilin kuzeyinde Gönen ve Bandırma ilçelerinden geçmektedir. Bandırma ilçesinde iki adet doğalgaz çevrim santrali yer almaktadır. Ayrıca ilde çeşitli yenilenebilir enerji üretim tesisleri yer almaktadır. Hidroelektrik, biyoenerji, rüzgâr ve güneş enerjisi bunların arasında yer almaktadır. (Güney Marmara Kalkınma Ajansı, 2019b) Ayvalık, Altıeylül, Dursunbey, Susurluk ve Sındırgı ilçelerinde barajlar ile Gönen, Bandırma ve Manyas ilçelerinde geniş sulama alanları yer almaktadır. Denize kıyısı olan ilçeler ile iç kesimlerin iklimsel özellikleri faklıdır. İklimsel farklılık yanı sıra topoğrafyası, endemik türleri, rüzgâr yönleri de değişmektedir. Kaz Dağları ile Edremit Körfezi ön plana çıkan ekolojik koridorlardan biridir (Edremit, Havran, Burahaniye, Gömeç, Ayvalık). Bir diğer ekolojik koridor ise Bandırma, Gönen, Manyas ilçelerini kapsamaktadır. Manyas Gölü doğal özelikleri ve endemik türleri ile önemli bir ekolojik alanı oluşturmaktadır.

Ayrıca üç önemli ovalık alan çıkmaktadır. Bunlar, Gönen, Altıeylül ve Kepsut, Edremit Körfezi (Körfez Ovaları), Balıkesir Ovasıdır. Bu ovaların alüvyonel toprak kalitesi iyi tarıma elverişli ve yapılaşmaya elverişli değildir. Güney- Güneydoğusu daha dağlıktır ve tarıma elverişlilik azalmaktadır. Susurluk, Dursunbey, Sındırgı, Bigadiç ilçeleri bu bölgeyi oluşturmaktadır. Bu bölgenin iklim özellikleri denizden uzaklaşıldığı için daha çok karasal iklim özellikleri taşımaktadır. Balıkesir ili kırsal alan varlığı Türkiye için önemli bir noktadır. Arazi kullanım şekillerine bakıldığında, tarım (6,703 km^2), orman (5,329 km^2) ve çayır- mera (1,710 km^2) alanlarının çoğunluk sıralamasında yer aldığı görülmektedir.

İli orman alanları varlığı üç bölgede yoğunlaşmaktadır. Orman alanları ilin batı ve güneybatısında Edremit Körfezi'nde bunlardan birincisidir. Kazdağları ve madra dağı körfezi çevrelemekte ve önemli bir ekolojik koridor oluşturmaktadır. Bir diğer bölge İvrindi, Sındırgı ilçelerinin güneyinde kalmaktadır. Üçüncü olarak da Dursunbey, Kepsut ilçelerinin genelinde orman alanı varlığının çoğunluk olarak yer almaktadır.

Mutlak tarım alanları toplam 153517 hektar alandır. Bu alanlardan sulu mutlak tarım alanları toplamı 85839, kuru mutlak tarım alanları ise 67679 hektardır. Ban-

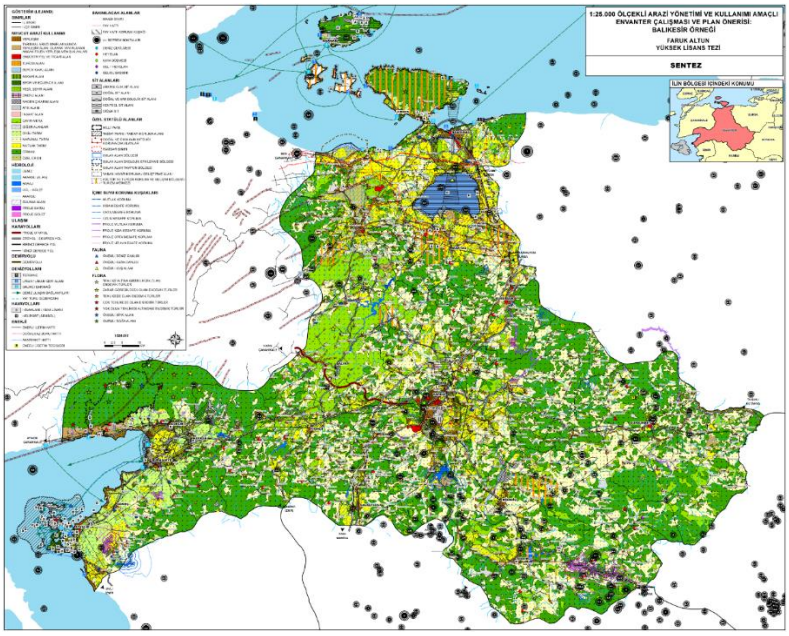
dırma İlçesi 26855 hektar, Manyas 14640 hektar ve Gönen 10740 hektarlık sulu mutlak tarım alanlarıyla ilk üç sırada yer alan ilçelerdir. Şekil 1 incelendiğinde bu alanların ilin kuzeyinde, üç ilçe arasında bir üçgen oluşturduğu görülmektedir.

Marmara ve Gömeç ilçelerinde hiç sulu mutlak tarım alanı bulunmamaktadır. Balya, Bigadiç ve Ayvalık en düşük sulu mutlak tarım alanlarına sahip ilçelerdir. Kuru mutlak tarım alanları incelendiğinde Gönen 9684 hektar, Altıeylül 9533 (sulu mutlak 7268 ile besinci sırada) hektar, İvrindi 6128 hektar ile ilk üç sırada yer alan ilçelerdir. Marmara ilçesinde hiç kuru mutlak tarım alanı bulunmamakla birlikte Havran, Erdek ve Dursunbey en az kuru mutlak tarım alanlarına sahip ilçelerdir.

Dikili tarım alanları dikili zeytin ve diğer olarak ikiye ayrılmakta olup, dikili zeytin 43904 hektar alanda yer almaktadır. Burhaniye ilçesi 11279, Ayvalık 8889, Havran 6981, Edremit 6322, Gömeç 6289 hektar dikili zeytin alanları ilin yaklaşık yüzde doksanını karşılamaktadır. Bu ilçeler ilin batı ve güneybatısında birbirine komşu olan alanlar olup, dikili zeytin alanları konusunda önemli bir bölge oluşturmaktadır (Şekil 1).

Toplamda 6329 hektar olan Sulu özel ürün alanlarının 6251 hektarı Gönen, 77 hektarı Savaştepe ilçesinde yer almaktadır. Diğer ilçelerde ise bulunmamaktadır.

Şekil 1. Balıkesir İli Envanter Sentezi (Çalışma Kapsamında Üretilmiştir).



İlin kuzey batısında yer alan Balya ilçesinin 43840 hektar alanı mera alanıdır, ilin yüz ölçümünün yüzde yetmişine yakın bir alanı kaplamaktadır ve bütüncül bir yapıya sahiptir. Ardından 27869 hektar alan ile Gönen ve 13182 hektar alan ile Dursunbey ilçeleri gelmektedir. Gönen ilçesinde de mera alanları büyük oranda bütüncül bir leke teşkil etmekte olup Balya ilçesinin komşuluğunda yer almaktadır.

İl bütününde merkezler kademelenmesi değerlendirmesi yapıldığında; sektörel çeşitlik, ulaşım bağlantılarındaki çeşitlilik, kentsel yerleşik alan büyüklüğü ve nüfusu büyüklüğü parametrelerine göre bakıldığında sırasıyla Altıeylül, Bandıma, Karesi, Edremit, Bigadiç, Gönen ilçeleri ön plana çıkmaktadır. Sektörel çeşitlilik sanayi alanlarının gelişmiş olduğu Alteylül ve Bandırma ilçelerinde net bir şekilde ayrılmaktadır. Bu ilçelerin nüfusları da bu nedenle daha yüksektir. Edremit körfezi ilçeleri özellikle turizm ve zeytincilik sektörü ile ön plana çıkmaktadır.

Balıkesir ili çeşitli maden yataklarına ve taş ocaklarına sahiptir; endüstriyel hammaddeler (bor, kaloen, mermer, vb. gibi), metalik madenler, yarı metal madenler, doğal taşlar ve enerji hammaddeleri yetmişin üzerinde işletmenin faaliyet göstermesiyle çıkarılmaktadır (Güney Marmara Kalkınma Ajansı, 2020). En çok mermer işletmesi ardından kireçtaşı, kaloen, bor vb. gelmektedir (Güney Marmara Kalkınma Ajansı, 2020). Hemen hemen her ilçede maden işletmesi yer almakta olup, Bigadiç, Karesi, Altıeylül, ve Marmara ilçelerinin en büyük sahalara sahip oldukları görülmektedir (Şekil 1).

5. BALIKESİR İLİ ARAZİ YÖNETİMİNE DAYALI PLAN ÖNERİSİ

Plan önerisinde öncelikle yapılan envanter çalışmalarından çıkan sentez çalışmalarının bir üst seviyeye ulaştırılarak, arazi üzerinde var olan mevcut yerleşik alanlar haricinde hangi alanlarda yeni yapılaşmaların/yerleşmelerin söz konusu olabileceğini tanımlamıştır. Ardından ortaya çıkan sonuçlar neticesinde mevcut kentsel yerleşmeler etrafında olası gelişme alanları ile olası kentsel dönüşüm alanları (öneri kentsel gelişme alanları) için kullanılabilecek rezerv yerleşme alanları tespit edilerek önerilmiştir.

Plan önerisinde amaç arazide açılabilecek ya da geliştirilebilecek yeni yerleşim alanlarının arazi niteliklerine göre il bütününde değerlendirilerek açılabilecek kentsel alanların tespit edilmesidir. Yerleşilebilir olma durumu mevcut yerleşik alanlar haricinde üç başlıkta tanımlanmıştır; Yerleşilemez (Kesin Sakıncalı Alanlar), İrdelenmesi Gereken Özel Şartlara Tabi Olası Yerleşme Alanları, Yerleşmeye Uygun Alanlar (Şekil 2).

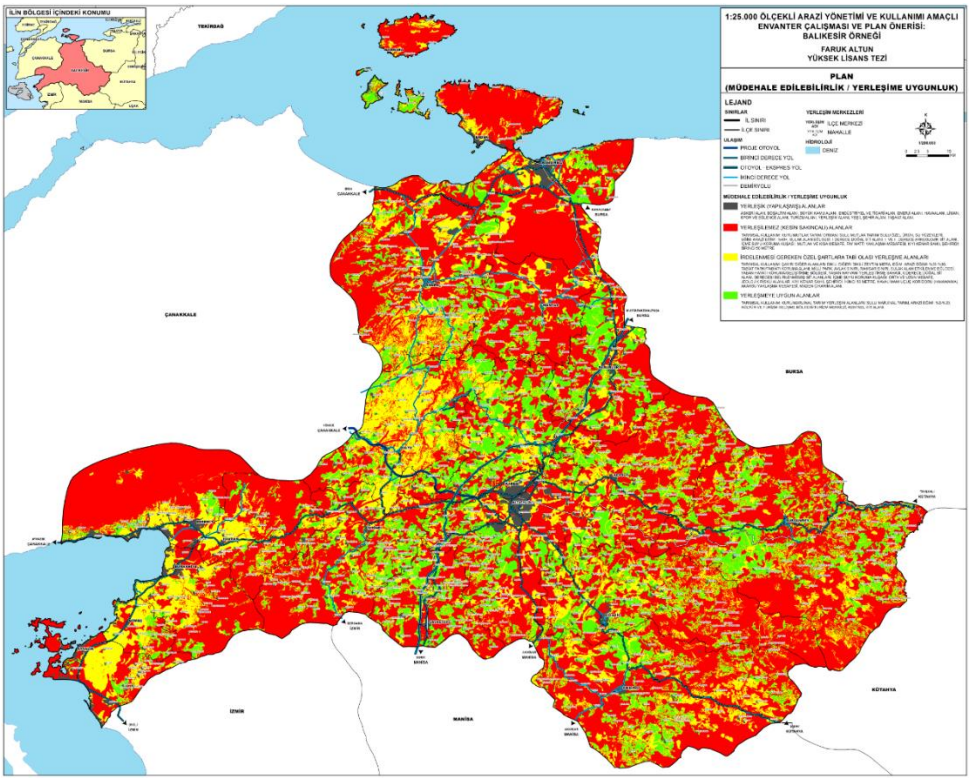
Yerleşik alanlar arazi kullanım kararları ile fiilen yapılaşmaya konu olmuş arazileri kapsarken (gri), yerleşilemez (kesin sakıncalı) alanlar (kırmızı) ise tarımsal arazi sınıflandırmasına göre kesin korunması gerekli tarım alanları, orman alanları, su yüzeyleri, özel kanunlara tabi olarak kesin korunacak alanlardan oluşmaktadır. İrdelenmesi gereken (sarı) özel koşullara tabi olası yerleşme alanları gerektiği durumlarda özel şartlara uyulması koşulu ile yerleşmeye konu olabilecek olan tarım alanları, çayır-mera alanları, özel kanunlara tabi olarak arazi kullanımı sınırlandırılan alanlar ile maden çıkarım sahalarından oluşmaktadır. Yerleşmeye uygun alanlar (yeşil) ise tarımsal arazi sınıflandırmasına göre görece daha az verimli araziler ile arazi eğimi yapılaşmaya mümkün olan sahalar ile özel kanunlara tabi olmasına karşın yapılaşmaya büyük ölçüde izin verilen sahalardan oluşmaktadır.

Bahse konu sınıflandırma yapılırken çalışmanın ölçeğinin 1:25.000 olması ve ölçeğe göre elde edilebilen verilerin keskinlik hassasiyetleri de dikkate alınmıştır. Örneğin jeolojik açıdan riskli alanlar veri seti yapılaşma ölçeğinin üzerindeki bir hassasiyete sahip olduğundan bu veri irdelenmesi gereken alanlar altında kabul edilmiş, mevcut yerleşik alanlar verisi 1:5.000 ölçek hassasiyeti ile belirlendiğinden bu veri kesinlik kazanmış bir veri olarak değerlendirilmiştir.

Plan önerisinde bir alanda hem kesin korunacak alan hem irdelenmesi gereken alan hem de yerleşmeye uygun alanlar varsa bu alan kesin korunacak alan olarak tespit edilmiştir. Eğer bir alanda hem irdelenmesi gereken alan hem de yerleşmeye uygun alanlar var ise bu alan irdelenecek alan olarak, eğer sadece yerleşmeye uygun alandan oluşuyor ise yerleşmeye uygun alan olarak belirlenmiştir.

Hazırlanan bu plan çalışması ile mevcut kentsel yerleşmeler etrafında olası gelişme alanları ile olası kentsel dönüşüm alanları için kullanılabilecek rezerv yerleşme alanlarının (öneri kentsel gelişme alanlarının) kolay ve anlaşılır bir görsel üzerinden tespitinin yapılması mümkün kılınmıştır. Öneri kentsel gelişme alanları belirlenirken öncelikle doğrudan yerleşmeye uygun alanlar ardından da irdelenmesi gereken özel şartlara tabi olası yerleşme alanları ve mevcut yerleşik alan dokusu dikkate alınmıştır.

Şekil 2. Balıkesir İli Plan Önerisi (Çalışma Kapsamında Üretilmiştir).



İl bütünü plan önerisi çalışmasında ortaya çıkan sonuçlar incelendiğinde Balıkesir ilinde 54,696.54 hektar mevcut yerleşik alan, 831,411.84 hektar kesin korunacak alan, 339,100.11 hektar irdelenmesi gereken alan, 239,311.53 hektar ise yerleşmeye doğrudan uygun alanların var olduğu tespit edilmiştir. İl alan büyüklüğünün yarısından fazlasına tekabül eden %56,77'si kesin korunacak alanlardan, %23.15'i irdelenecek alanlardan, %16.34'ü yerleşime uygun alanlardan, %3,73'ü ise mevcut yerleşik alanlardan oluşmaktadır.

İl merkezi konumundaki Altıeylül ve Karesi ilçeleri çevresinde ve kuzeyde Manyas ilçesine doğru doğrudan yerleşime uygun alanların öne çıktığı görülmektedir. Keza irdelenecek alanların il bütününde dağınık olması ile Ege denizine kıyıdaş olan Ayvalık, Gömeç, Burhaniye, Edremit ile Havran ve Balya civarında yoğunlaştığı görülmektedir.

SONUÇ

Hayatın birçok alanında olduğu gibi sürdürülebilir bir Arazi Yönetiminin de temel kaynağı doğru, güncel ve güvenilir bilgidir. Sağlıklı bir arazi yönetimi ancak ve ancak dinamik bir altyapısı olan, sürekli güncellenen ve kapsamlı envanter çalışmaları üzerine kurgulanabilir. Doğru bir arazi kullanımı çalışılan bölgenin olduğu kadar ülkenin gıda güvenliği ve bağımsızlığından ekonomisine kadar çok geniş kapsamdaki ulusal çıkarları açısından da büyük bir öneme sahiptir. Doğru bilgiye bağlı doğru envanter, doğru bir yaklaşım ile, sonucunda doğru kararların alınması sağlayacaktır. Bu da ülkenin ekonomik, fiziksel, doğal, sosyo-kültürel ve diğer kaynaklarının sürdürülebilir ve verimli kullanılmasının önünü açacaktır.

Bu nedenlerle doğru bir arazi yönetimi ve ona bağlı geliştirilmiş olan envanter çalışması ülkenin geleceği için büyük öneme sahiptir. Ülkemizdeki envanter çalışmaları geçmişten bugüne gelişerek devam etmektedir. Ancak bilgi altyapısında özellikle son yirmi yılda yapılan çalışmalarda önemli sayılabilecek bir ilerleme kaydedilmiş olsa da halen yapılacak çalışmaların var olduğu da aşikardır. Ülkemizin sahip olduğu arazi kullanımı ve ilişkili bilgilerinden oluşan envanter çalışmalarının genellikle farklı kurumların özellikli çalışma alanları üzerinden kurguladığı veriler üzerine dayanmaktadır. Son dönemde bu verilerin birlikte değerlendirilebilmesi için altyapısal çalışmaların yapıldığı bilinmekle beraber, söz konusu bu verilerin ilgili uzmanların erişimine tam olarak açıldığını henüz söylemek mümkün değildir. Ayrıca ülkemiz için bütüncül arazi yönetimi üzerinden kararlar alınması da son zamanlarda daha da önem verilmiş olsa da gelişmekte olan bir süreç için çalışmaların devam ettirilmesi ve güvenilir, güncel ve doğru bir envanter çalışması için gerekli adımların atılması gerekmektedir.

Balıkesir İlinin hem Marmara Denizine hem de Ege Denizine var olan kıyıları, yakın zamanda faaliyete giren İstanbul-İzmir otoyolu ile proje aşamasında olan Çanakkale Köprüsü'nün de barındıran İstanbul-Çanakkale-Balıkesir otoyolu gibi güçlü ulaşım ağları gibi özellikleri nedeniyle ulaşılabilirliği hızla artmaktadır. Ayrıca bölgesi için lojistik-endüstriyel ve benzeri faaliyetler için önemli bir merkez olma potansiyeli yapılan bu çalışmanın ilin geleceğine ilişkin kararlarını yönlendirilebilmesi adına önemli olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışma ile Balıkesir il bütünü özelinde 1:25.000 ölçeğinde envanter çalışması yapılmış ve bu envanter çalışmasına göre geleceğe yönelik kararlara yer verilmiştir. Çalışmanın ölçeği ile bütüncül olarak bakılabilmesinin önünü açmış, birbirinden bağımsız ve hatta bazen habersiz alınan arazi kullanım kararları nedeni ile kaybedilen ulusal kaynakların çok daha verimli ve sürdürülebilir kullanılmasının önü açılmaya çalışılmıştır.

Teşekkür

Kırklareli Üniversitesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü 2019-2020 Akademik Yılı Planlama Atölyesi 2 ve 3 stüdyoları kapsamında derlenen Balıkesir İli ’ne dair verileri bu çalışma kapsamında paylaştıkları ve desteklerini esirgemedikleri için tüm atölye ekibi adına Doç. Dr. Ezgi Tok, Doç. Dr. Serkan Sınmaz ve Arş. Gör. Mete Korhan Özkök’e teşekkür ederim.

Kaynaklar

Aksu, O, İban, M. C. (2017) Considerations on the land management system approach in turkey by the experiences of a case study, Survey Rreview, September.

Gedikli, B. (2017), Kentsel Sürdülebilirlik ve Planlama, içinde Kent Planlama, syf. 601-618, derleynler Suna Senem Özdemir, Ö. Burcu Özdemir Sarı, Nil Uzun. İmge Kitapevi. Ankara.

Güney Marmara Kalkınma Ajansı (2019a) gmka.gov.tr/dokumanlar/yayinlar/Balikesir-Lojistik-Atlasi.pdf Erişim tarihi 09.11.2019

Güney Marmara Kalkınma Ajansı (2019b) https://www.enerjiatlasi.com/sehir/balikesir/ Erişim tarihi 09.11.2019

Güney Marmara Kalınma Ajansı (2020)

https://www.gmka.gov.tr/dokumanlar/yayinlar/Balikesir-Maden-Yatirim-Rehberi.pdf Erişim Tarihi 12.05.2020

Özcan, K. 2016. Sürdürlebilir Kentsel Gelişme, içinde Kentsel Planlama Ansiklopedik Sözlük, Syf. 408, Derleyen Melih Ersoy, Ninova, İstanbul.

Ülger, N. E. (2020) Arazi Yönetimi. Yem Yayın. İstanbul.

Williamson, I., Enemark, S., Wallace, j., Rajabifard, A. (2010) Land administration for sustainable development, Esri Press Academic.

TARİHİ DİYARBAKIR DEVA HAMAMI TAŞIYICI SİSTEM SORUNLARININ GÖZLEMSEL TESPİTİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Nursen IŞIK
Dicle Üniversitesi

Doç. Dr. Fatma Meral HALİFEOĞLU
Dicle Üniversitesi

ÖZET: Diyarbakır'ın ticari ve sosyal mekanlarından biri hamamlardır. Bunlardan günümüze ulaşanlar Deva Hamamı (1520-1540), Paşa Hamamı (1564-1567), Melik Ahmet Paşa Hamamı (1567), Kadı Hamamı (1543-1544),Vahap Ağa Hamamı (17.yy) ve Çardaklı Hamamı'dır (1520-1540)[1]. Günümüze ulaşamayanlar ise Cıngıllı Hamamı (Cimşit Bey), İpekoğlu Hamamı, Çarşı Hamamı, Bekir Paşa Hamamı, Hüseyin Efendi Hamamı, Dilaver Paşa Hamamı, Domat Hamamı, İç Kale'deki Kale Hamamı, Maristan Hamamı, Yeni Kapı Hamamı, Mirza Hamamı ve Suakar Hamamı'dır.[2]

Diyarbakır hamamlarında taşıyıcı sistem sorunları hamamın bulunduğu konum ve durumuna bağlı olarak değişmektedir. Ticaret aksında bulunan Melik Ahmet Paşa Hamamı ve Deva Hamamı özel mülkiyete ait olup, özgün işlevin dışında kullanılmasına bağlı tahrip edilmiştir. Melik Ahmet Paşa Hamamının işlevi dışında kullanılması nedeniyle niteliksiz müdahalelerle özgün taşıyıcı sistemin yok edildiği görülmüştür. Günümüze ulaşan ve restorasyonu tamamlanan Vahap Ağa Hamamı restoran olarak kullanılmakta olup, Çardaklı, Paşa ve Kadı Hamamlarının restorasyonları tamamlanmıştır.

Bu çalışmada, günümüze ulaşan Tarihi Diyarbakır hamamlarından Deva Hamamı'nın gözlemsel olarak belirlenen taşıyıcı sistem sorunları değerlendirilerek, yapının varlığını sürdürmesine yönelik koruma önerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Diyarbakır, Suriçi Bölgesi, Deva Hamamı, Taşıyıcı Sistem Sorunu

---

[1] Sözen ,M. (1971), Beysanoğlu, Ş.(1998) "Anıtlar ve Kitabeleriyle Diyarbakır Tarihi" Cilt 1.Ankara.
[2] Sözen, M. (1971), Diyarbakır'da Türk Mimarisi, İstanbul.

Observational Detection and Evaluation of Historical Diyarbakir Deva Bath Structure System Problems

ABSTRACT: Baths are one of Diyarbakır's commercial and social venues. The ones that have survived to the present day are Deva Bath (1520-1540), Pasha Bath (1564-1567), Melik Ahmet Pasha Bath (1567),Kadı Bath (1543-1544), (Vahap Ağa Bath (17th century) and Çardaklı Bath (1520-1540),Cıngıllı Bath (Cimşit Bey), İpekoğlu Bath, Çarşı Bath, Bekir Pasha Bath, Hüseyin Efendi Bath, Dilaver Pasha Bath, Domat Bath, Kale Bath in İç kale Castle, Maristan Bath, Yenikapı Bath, Mirza Bath and Suakar Bath is.

Structural problems in Diyarbakir bath varies depending on the position and condition where the bath. Melik Ahmet Pasha Bath and Deva Bath, located on the trade axis, are privately owned and have been destroyed due to their use outside of the original function. In addition to reasons such as neglect and abandonment, there are also examples where the original carrier system was destroyed. The Vahap Ağa Bath, which has survived to date and has been restored, is used as a restaurant, and the restorations of the Çardaklı, Pasha and Kadı Baths have been completed.

This study evaluated the extant date of Diyarbakir structural problems identified in observational Deva Baths. Baths, suggestions for the continuing existence of the protection structure is presented.

Keywords: Diyarbakır, Suriçi region, Deva Bath, Structural problems

1.Tarihi Diyarbakır Hamamları İçerisinde Deva Hamamının Yeri

Diyarbakır kenti, Suriçi Bölgesi'ndeki tarihi ve kültürel değerleriyle dünya kültürel mirasında yer bulan, geçmişte birçok medeniyetin yaşadığı önemli bir yerleşim merkezidir. Geleneksel kent alanı olan Suriçi Bölgesi plan tipleri ve boyutları değişkenlik gösteren burç ve surlarla çevrilidir. Bu bölge içinde, 601[3] tescilli ve farklı yapı türlerine sahip kültürel, ticari ve sosyal yapılar yer almaktadır.

Hamamlar kent kültüründe ve yaşantısına büyük katkısı olan sosyal mekanlardır. Özellikle kentin bir çok mahallesinde konumlandırılmış hamamların genel özellikleri birbirine benzerdir. Genellikle soğukluk, ılıklık, sıcaklık, traşlık, hela ve külhan mekanları bulunan hamamların boyutları bulundukları konum itibariyle değişiklik göstermektedir.

[3] Diyarbakır Koruma Kurulu 2017 Tescilli Yapı Kayıtlarına göre düzenlenmiştir.

1.1.Tarihi Diyarbakır Hamamları

Diyarbakır'daki tarihi yapılarla ilgili kaynaklara[4] göre kentte 12 adet hamam bulunmaktadır. 1650 tarihinde Diyarbakır'a gelmiş olan Evliya Çelebi seyahatnamesinde, Diyarbakır'da "İpariye (Kadı Hamamı), İskender Paşa Hamamı, Hamam-ı Atik, Muallak Minareye yakın hamam, Melik Ahmet Paşa Hamamı, Dağkapı' da Suakar Hamamı, Mardin Kapı yakınında hamam, Çarşı Hamamı, Bıyıklı Mehmet Paşa Hamamı, Behram Paşa Hamamı, Çardaklı Hamamı, Yeni Kapı Hamamı, İç kale Hamamı" isimlerinde 13[5] adet hamam olduğunu ifade etmiştir. 1827 tarihindeki Diyarbakır'da bulunan J.S. Buckingham[6] ise 20 adet hamamın varlığından söz etmiştir.

Diyarbakır kent merkezindeki günümüze ulaşan hamamlar Deva Hamamı (1520-1540), Paşa Hamamı (1564-1567), Melik Ahmet Paşa Hamamı (1567), Kadı Hamamı (1543-1544), Vahap Ağa Hamamı (17.yy) ve Çardaklı Hamamı'dır (1520-1540)[7].

Cıngıllı Hamamı (Cimşit Bey), İpekoğlu Hamamı, Çarşı Hamamı, Bekir Paşa Hamamı, Hüseyin Efendi Hamamı, Dilaver Paşa Hamamı, Domat Hamamı, İç kale'deki Kale Hamamı, Maristan Hamamı, Yeni Kapı Hamamı, Mirza Hamamı ve Suakar Hamamı ise günümüze ulaşamayan hamamlardır.[8]

Diyarbakır Suriçi Bölgesindeki hamamlarda; Türk hamamlarında ve hamam literatüründe yer alan bir çok mekan bulunmaktadır. Bölgede ikisi ağır hasarlı ve 6 tanesi kısmi hasarlı hamamların birkaçının restorasyonu tamamlanmıştır. (Şekil 1).

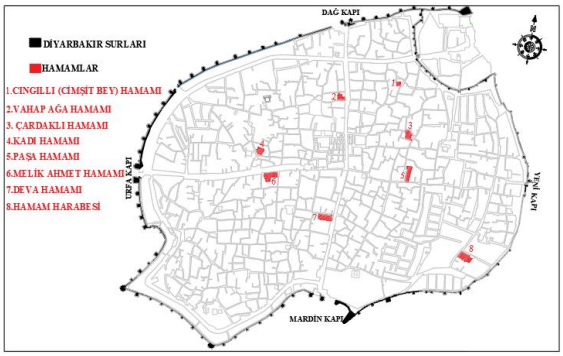
Günümüzde restoran olarak kullanılan Vahap Ağa Hamamının restorasyon çalışması 2016 yılında, Çardaklı Hamamı, Paşa Hamamı ve Kadı Hamamlarının ise yakın dönemde tamamlanmış olup, boş ve kapalı durumdadır.

Deva Hamamı ve Melik Ahmet Paşa Hamamının özel mülkiyetli olmasından dolayı kullanıcıların basit onarım çalışmaları dışında herhangi bir restorasyon çalışması yapılmamıştır. Melik Ahmet Paşa Hamamı (dükkan) ve Deva Hamamının soğukluk bölümü (kafeterya) ticari mekan olarak kullanılmakta olup, diğer bölümler boş ve kapalıdır.

---

[4] İlhan, M, 1992, "*XVI. Yüzyılın İlk Yarısında Diyarbakır Şehrinin Nüfusu ve Vakıfları: 1518 ve 1540 Tarihli Tapu Tahrir Defterlerinden Notlar",* Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Tarih Bölümü Tarih Araştırmaları Dergisi,C:16, Sayı 27, Sayfa 51.
[5] Sözen, M.1971."*Diyarbakır'da Türk Mimarisi,"* s:207-208.İstanbul.
[6] Buckingham, James Silk,(1827) "Travels in Mesopotamia," London.
[7] Beysanoğlu, Ş.1998 "*Anıtlar ve Kitabeleriyle Diyarbakır Tarihi*" Cilt 1.Ankara.
[8] Sözen, M. 1971, "*Diyarbakır'da Türk Mimarisi"*, İstanbul.

Deva Hamamının uzun yıllar boyunca boş ve bakımsız olması ve herhangi bir onarımının yapılmaması nedeniyle dış ortam koşullarına maruz kalmış, özellikle kubbe ve tonoz ile çatıda hasarların artmış olduğu görülmektedir.



Şekil 1. Diyarbakır Suriçi Bölgesinde Bulunan Hamamların Yerleri[9]

Deva Hamamı

Melik Ahmet Paşa Hamamı

Çardaklı Hamamı

Kadı Hamamı

Vahap Ağa Hamamı

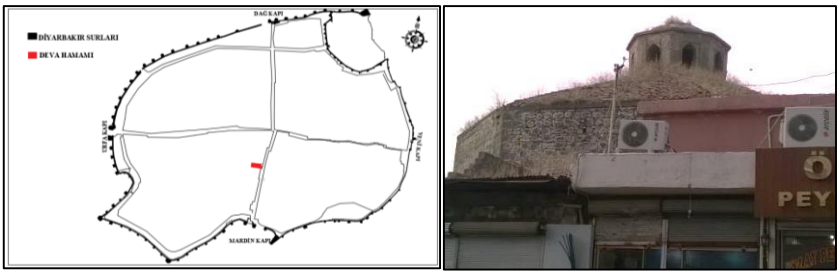
Paşa Hamamı

Şekil 2. Suriçi Bölgesinde Günümüze Ulaşan Hamam Örnekleri (2020)

[9] Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi KAİP Planından değiştirilerek düzenlenmiştir.

1.2.Deva Hamamının Mimari Özellikleri

Deva Hamamı, Suriçi Bölgesinin güneybatısında yer almakta olup, Gazi Caddesi üzerindedir. Gazi Caddesi üzerinde Abdaldede Mahallesinde bulunmaktadır. Hamamın kuzeyinde kadınlar girişi Deve Sokak'tan, erkekler girişi batıdan Gazi caddesi üzerindeki ticari mekan içinde kalmış olup, bu giriş kullanılmamaktadır. Deva Hamamı'nın Gazi caddesine bakan batı cephesinde ticari mekanlar bulunmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Deva Hamamı'nın yeri ve mevcut durumu (2020)

Deva Hamamının özel mülkiyetli ait ve 1540 yılında yapıldığı ve Hamam-ı Kebir (Büyük Hamam) olarak isimlendirildiği ifade edilmiştir[10]. Buckingham, 19.yüzyılın başlarında Diyarbakır'a gelmiş ve şehrin en büyük ve ferah hamamı olduğunu belirtmiştir (Tuncer, 2012: 85; Korkusuz, 2003: 97).

Yığma yapım sistemiyle inşa edilen Deva Hamamı duvar ve döşemelerinde bazalt taşı kullanılmıştır. Mukavemeti yüksek olan bazalt taşının Diyarbakır'daki birçok anıtsal ve geleneksel yapının günümüze ulaşmasında büyük etkisi olmuştur.

Hamama giriş aktif olarak Deve Hamamı Sokaktan sağlanmaktadır. Sokak kotunun altında kalmış, hamamın "taşlık"[11] adı verilen giriş kısmına üç rıhtla inilerek ulaşılmaktadır.

Hamamın soğukluk, aralık, traşlık, ılıklık ve sıcaklık, külhan ve depolarında bölümündeki duvar ve döşemelerde bazalt taş kullanılmış olup, duvarlarda yer yer tuğla hatıllar da bulunmaktadır. Soğukluktaki soyunma nişleri ile sıcaklıktaki yıkanma bölümlerinin üstü taş kemerlidir. Hamamın tüm mekanlarındaki taş duvarlar sıva ve boya ile kapatılmıştır.

[10] Beysanoğlu 1990. *"Anıtları ve Kitabeleri ile Diyarbakır Tarihi*" Cilt 2, s.550.Neyir Matbaası, Ankara.
[11] Taşlık: Hamamın ilk giriş mekanıdır. Bu bölümden Soğukluğa geçilmektedir (Önge 1995).

Hamamın soğukluk bölümünde kısmen sıva raspası yapılmıştır. Zaman içinde yapılan kullanıcı kaynaklı müdahalelerle tüm döşemeler beton ile kaplanmıştır.

Sıcaklık, soğukluk ılıklık, aralık bölümlerinde iki sıralı, eyvan ve halvet odalarında tek sıralı beton sekiler bulunmaktadır (Şekil 4).

Şekil 4.Deva Hamamı Güney cephesi (2020)

Şekil 5.Deva Hamamı Deve Hamamı Sokaktaki Kadınlar Girişi (2020)

Bu bölümden iki rıhtla inilerek soğukluk[12] (soyunmalık) bölümüne geçilmektedir. Soğukluk bölümünün kubbesinin çapı 14 m (Payaslı 2018,128) olup, bu boyutuyla Diyarbakır'ın en büyük hamamı özelliğini taşımaktadır. Soğukluk kubbesinin alt kısımlarında dört adet aydınlatma penceresi, kubbe üstünde ise sekizgen formlu aydınlatma feneri bulunmaktadır.

Soğukluk bölümünü çevreleyen yaklaşık 80 cm yüksekliğinde iki rıhtlı beton sekiler ile bunun ortasında aydınlatma fenerinin aksında bazalttan yapılmış dilimli havuz yer almaktadır. Soğukluk bölümünde günümüzde kullanılmayan ve ahşap merdivenlerle çıkılan galeri katı yer almaktadır. Ahşap merdivenlerle ulaşılan bu kattaki soyunma odalarına, ahşap elemanların kaldırılmasından dolayı ulaşılamamaktadır (Şekil 6).

[12]Soğukluk: Hamamların giriş bölümündeki en büyük mekandır (Önge 1995).

Şekil 6. Deva Hamamı Soğukluk Bölümü ve Kaldırılan Ahşap Elemanlar

Soğukluk kısmından aralık bölümüne ulaşılmaktadır. Aralığın iç kısmını çevreleyen bölümde taş sedirler vardır. Aralık bölümünün kuzeyinde traşlık, ve helalar bulunmaktadır.

Aralık[13] bölümünün güneyinde beşik tonozlu etrafı iki sıralı beton sekilerle çevrili ılıklık[14] kısmına girilmektedir (Şekil 7).

Şekil 7.Deva Hamamı üstü kubbeyle örtülü ılıklık bölümü (2020)

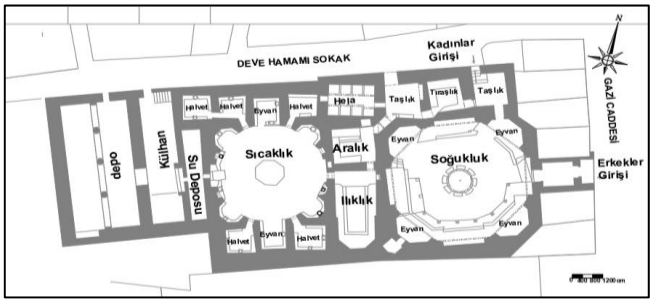
Sıcaklık[15] bölümüne ılıklık bölümünden geçilerek ulaşılmaktadır. Osmanlı Dönemi Türk hamamlarının "yıldızvari sıcaklıklı tip" formunda olan Deva Hamamı sıcaklık bölümündeki kubbe çapı, yaklaşık 12 metredir (Eyice 1960). Bu mekanın üstünde fil gözleri (tütekler)[16] bulunmaktadır. Sıcaklık bölümünün ortasında sonradan beton malzemeyle yenilenen 80 cm yüksekliğinde, sekizgen bir göbek taşı yer almaktadır.

[13] Aralık: Soğukluk (soyunmalık) ile ılıklık arasındaki geçittir (Gültekin, R.E.,2017)
[14] Ilıklık: Soğukluk ve sıcaklık mekanı arasında yer alan sekilerin bulunduğu bölümdür (Gültekin, R.E.,2017).
[15]Sıcaklık: Hamamlarda ılıklık bölümünden geçişi sağlanan yıkanma mekanıdır (Ertuğrul 2009)
[16] Fil gözü ışık: Ilıklık ve sıcaklıkta kubbe ve tonozlar üzerinde aydınlatmayı sağlayan cam fanuslardır. (Ülgen 1950)

Dairesel formdaki sıcaklık bölümünde, dört adet yıkanma bölümü, iki adet eyvan ile kuzeybatı yönünde birbirine geçişli olmak üzere, üstü kubbeli beş adet halvet[17] odası bulunmaktadır. Bu odaları çevreleyen taş sedirler, kurna ve su kanalları bulunmaktadır. Sıcaklık bölümünün kubbesinde aydınlatma ve buhar çıkışını sağlayan fil gözleri ve havalandırma boşlukları vardır (Şekil 8).

Şekil 8. Deva Hamamı sıcaklık ve sıcaklık kubbesinde yer alan aydınlatma boşlukları ve fil gözleri

Sıcaklık bölümünde iki adet eyvan ve yıkanma bölümleri ile halvet odalarına girişleri sağlayan alçak geçişler bulunmaktadır. Eyvanlar beşik tonoz, halvet odalarının üstü kubbeyle örtülüdür. Bu bölümdeki mekanların tümünde beton seki, kurna ve sıcak suyun iletildiği tesisat boruları yer almaktadır. Ayrıca bu bölümün batı duvarının arkasında su deposu bulunmaktadır. Su deposuna geçiş dörtgen bir pencereyle sağlanmakta, arkasında külhan ve diğer depolar yer almaktadır (Şekil 9).



Şekil 9. Deva Hamamı Planı[18]

[17]Halvet: Sıcaklık mekanında bulunan özel yıkanma bölümleridir (Tangüler 2019).
[18]Payaslı, Oğuz, G.,(2017) Deva hamamının rölöveleri 2017 yılında Dicle Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü öğrencileri tarafından Rölöve Teknikleri dersi kapsamında Gülin Payaslı danışmanlığında hazırlanmıştır.

2.Deva Hamamı'nda Gözlemsel Olarak Tespit Edilen Hasarlar

Deva Hamamında, zaman, doğa koşulları, bakımsızlık ve terk nedenlerinin yanında define arama, yağmalama gibi bazı bilinçli tahribatlarla bazı bozulma ve hasarlar meydana gelmiştir. Bilimsel ve kapsamlı bir restorasyon süreci olmayan Deva Hamamında sorunlar zamanla artış göstererek yapısal sistemi de tehdit edecek boyuta ulaşmıştır. Yapıda tespit edilen hasarlar soğukluk, ılıklık ve sıcaklık mekanlarında sınıflandırılarak maddeler halinde sunulmuştur.

2.1.Soğukluk Bölümünde Gözlemsel Olarak Tespit Edilen Hasarlar

Soğukluk bölümünün tüm duvarları ve kubbesi çimento esaslı sıva ile kaplanmış olup, dış ortam nemine bağlı kısmen dökülmüştür (Şekil 10). Kubbe tuğla malzemeden yapılmış olup, kubbenin üstünde fener yer almaktadır. Fener bölümündeki aydınlık pencerelerindeki doğramalar kalmadığı için yapı dış ortam koşullarının etkisiyle bu alanlardan su almıştır.

Şekil 10.Soğukluk bölümündeki kubbede oluşan nemlenme malzeme kaybı hasarları (2020)

Kubbenin üstü konik kırma çatı ile geçilmiş olup, kiremitlerin bir kısmında bitki oluşumları, yosunlaşma ve malzeme kaybına bağlı açılmalar meydana gelmiştir (Şekil 11).

Şekil 11. Çatıda oluşan malzeme kaybı ve yosunlaşma

Geçmişte döşemede yapılan kazılar sonrasında (define arama) yapılan niteliksiz kapatma çalışmaları kot düzensizlikleri ile malzeme kayıpları oluşturmuştur.

Soyunmalık olarak kullanıldığı sözlü görüşmelerde[19] belirtilen ahşap sekiler ile oluşturulan galeri katının kaldırılması ile bu alandaki odalara ulaşılamamaktadır. Bu nedenle bu kattaki mekanda bakımsızlık ve dış atmosfer koşullarına bağlı malzeme bozulmalarının oluştuğu görülmüştür. Geçmişte yapılan niteliksiz sıva raspalarına bağlı taş ve tuğla malzemelerde kısmen kayıplar meydana gelmiştir.

Soğukluk bölümü kubbe eteklerinde yer alan dört pencerenin kasa ve kanatlarının yok olması ile dış ortam koşullarına bağlı yoğun bozulma ve malzeme kayıpları bulunmaktadır. Yapılan geçici kapatmalarla sorunların daha çok arttığı gözlemlenmiştir (Şekil 12).

Şekil 12. Soğukluk bölümü kubbe eteklerindeki pencerelerde oluşan hasarlar

Eyvanların üstündeki pandantiflerin sıva ve boyalı kısımlarında yapılan niteliksiz raspa sonrası bu bölümlere zarar verildiği görülmüştür (Şekil 13).

Şekil 13. Soğukluk bölümü eyvan pandantiflerinde meydana gelen bozulmalar (2020)

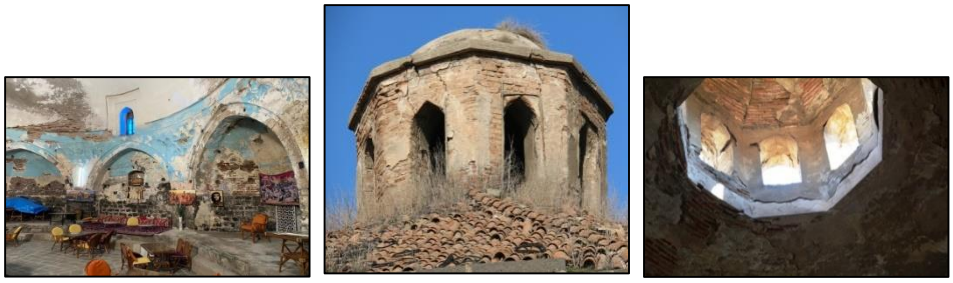
[19]İçen, E. 2019. Deva Hamamı sahiplerinden biriyle yapılan sözlü görüşme

Soğukluk bölümünün merkezine yerleştirilen dilimli taş havuzda aşınma ve kısmen malzeme kayıpları bulunmaktadır. Boyanmış havuzun dilimler arasındaki malzeme kayıpları niteliksiz harç ve malzemelerle doldurulmuştur (Şekil 14).

2018 2020

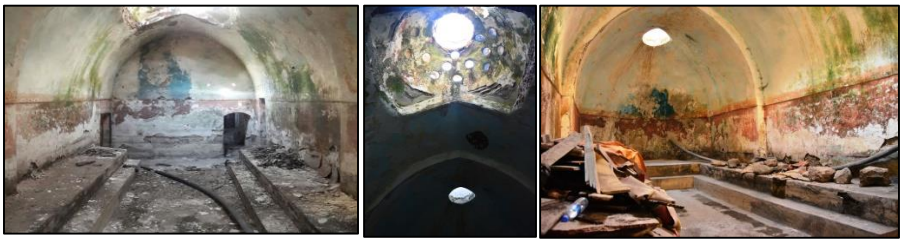
Şekil 14.Soğukluk bölümündeki havuzda meydana gelen bozulmalar

Eyvan duvarlarındaki sıva ve boyalar kısmen kaldırılmıştır. Eyvanlardaki taş ve tuğla kayıpları ve duvar malzemelerinde eksilmeler mevcuttur. Fener duvarlarında yapısal çatlaklar ve dış ortam koşullara bağlı malzeme kayıpları ve hasarlar bulunmaktadır (Şekil 15).



Şekil 15. Soğukluk bölümündeki eyvan duvarlarındaki malzeme kaybına bağlı bozulmalar (2020)

Aralık ve ılıklık bölümlerindeki taş duvarların tümü sıva ve boya ile kaplanmıştır. Bu bölümlerin üstündeki kubbelerin açık olması nedeniyle dış ortam koşullarının etkisiyle bu alanlarda nemlenme ile buna bağlı bitki oluşumları bulunmaktadır. Nemlenen duvar sıvalarında yer yer dökülmeler oluşmuştur. Ilıklık duvarlarının yaklaşık 1.00 metrelik kısmında oluşan neme bağlı harç ve taş malzemede kayıplar meydana gelmiştir (Şekil 16).



Şekil 16. Ilıklık döşemesindeki çökme ve kubbede malzeme kaybı ve neme bağlı bitki oluşumları (2020)

2.2. Sıcaklık Bölümünde Tespit Edilen Gözlemsel Hasarlar

Kubbede belirgin bir strüktürel hasar bulunmamaktadır. Ancak camları kırık fil gözleri ve pencereler nedeniyle kısmen malzeme kaybı oluşmuş, yapı dış hava koşullarına karşı savunmasız kalmıştır. Bu alanlardan yağmur sularının sızmasıyla neme bağlı hasarlar meydana gelmiştir. Nemlenme sebebiyle kubbedeki sıvaların bir kısmı dökülmüş kubbedeki tuğla malzemede nemlenmeye bağlı kısmi malzeme kayıpları oluşmuştur.

Sıcaklık bölümündeki eyvan[20] ve halvet[21] odalarındaki kubbelerde de nem ve sürekli malzeme kaybıyla büyük açıklıklar meydana gelmiştir.

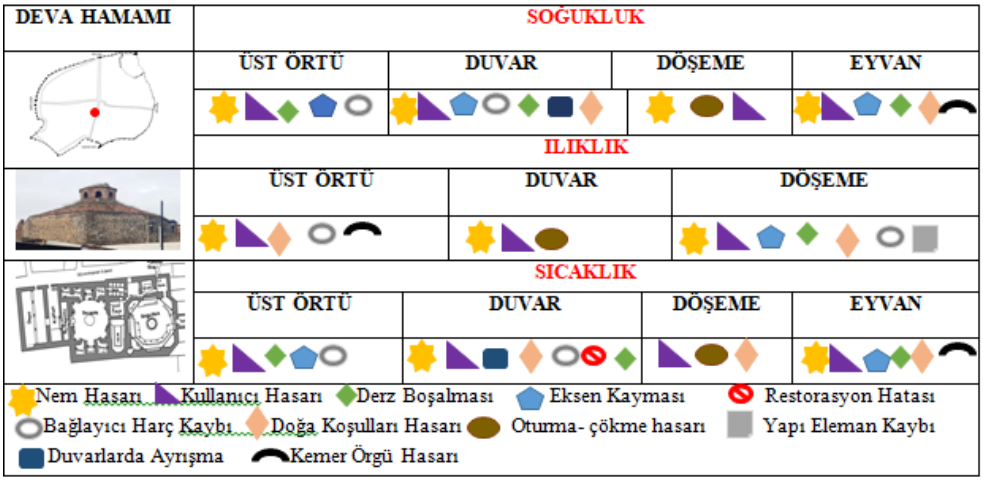
Halvet odalarının kubbelerinde nem ve bakımsızlık nedeniyle yosunlaşma oluşmuştur. Kubbelerdeki malzeme kayıplarının büyük bölümü bu odaların içine dolmuştur (Şekil 17).

Şekil 17 Sıcaklık bölümü kubbesi ile halvet odalarındaki kubbede nemlenme ve malzeme kayıpları

[20] Eyvan: Yarı özel - yarı genel kullanım alanı niteliğinde kurna başında bebek kırklama ritüellerinin gerçekleştirildiği bir mekânlardır (Tangüler, 2019).
[21] Halvet odaları: : Eyvanlar arasında konumlanmış, daha özel yıkanma birimleridir. Halvetler içerisinde *kurna* adı verilen genellikle taştan oyulmuş su tekneleri yer almaktadır (Tangüler, 2019).

Deva Hamamı sıcaklık bölümünün arkasındaki külhan, su deposu ve diğer bölümlere girilemediğinden hasarlar tespit edilememiştir. Yapıda gözlemsel tespitlere dayalı hasar tablosu çıkartılarak sınıflama yapılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1.Deva Hamamında tespit edilen gözlemsel hasarlar



3.SONUÇ VE ÖNERİLER

Kamuya ait olup, güçlendirme ve restorasyon çalışmalarıyla günümüze kazandırılmaya çalışılan hamamların yanında, özel mülkiyetli hamamlar uzman olmayan kişiler tarafından yapılan hatalı ve yetersiz müdahalelerden dolayı farklı sorunlarla karşı karşıya kalmıştır. Genellikle yapım tekniği, dönemsel özellikler, malzeme analizleri ve yapısal sorunların ayrıntılı tespit edilmediği uygulama çalışmalarında geleneksel yığma yapılar, özgün değerlerinden uzaklaşabilmektedir. Bu bakımdan donanımlı ve alanında uzman bir ekibin gözlemsel ve aletsel ölçümlerle belirleyeceği hasarlara yönelik geliştireceği güçlendirme ve tamamlayıcı çözüm önerileri ile yapının koruma ve sürdürülebilirliğinin sağlanması mümkün olacaktır.

Bu bakımdan Deva Hamamı'nın en kısa zamanda kamulaştırılması, rölöve, restitüsyon ve restorasyon projelerinin hazırlanması gerekmektedir. Alanında uzman kişilerin yürüteceği restorasyon çalışması ile birlikte kentin tanıtımı ve kültürünü yansıtacak, saygılı bir işlevle kullanımının sağlanması korumayı bütüncül olarak yerine getirecektir. Yapıda gözlemsel tespit edilen hasarlara yönelik aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir;

* Hamam yağmur, kar, rüzgar ve güneş gibi doğa etkilerine karşı korunmalıdır. Bu açıdan, özgünlüğü bozmayacak ve geri dönülebilir malzemelerle koruyucu örtü kullanılmalıdır.

* Hamam çevresindeki ticari mekanlar boşaltılmalıdır. Yapı çevresinde güvenlik sınırı oluşturularak çevresel tehditler engellenmelidir. Güvenli bir iş iskelesi projesi hazırlanmalı, yapıya zarar verecek montaj çalışmalarından uzak durulmalıdır.

* Hamamda yapılacak restorasyon ve güçlendirme müdahale uygulamaları için uzman akademisyenlerin de bulunduğu bir bilim yada danışma kurulu oluşturulmalıdır.

* Deva Hamamının zemin döşemesi, sokak ve cadde kotunun altındadır. Bu bakımdan yapıda drenaj problemi bulunmaktadır. Hamam çevresindeki kot değişimleri ile sokak ve imar programları yeniden düzenlenmelidir. Gözlem çukurları ve yüzeysel sondajlar yapılarak yeraltı su seviyesinin drenajlarla temel altlarına yönlendirilmesi sağlanmalıdır.

* Hamamın soğukluk, ılıklık, sıcaklık alt bölümlerindeki sıvalar döküldüğü için taş yüzeyler ortaya çıkmıştır. Özellikle duvarların alt bölümlerindeki malzeme kayıpları aslına uygun malzeme ve teknikle tamamlanmalıdır. Tüm duvarlarda nem etkisiyle oluşan hasarların giderilmesi için, öncelikle taş yüzeyler temizlenmelidir. Hamam duvarlarının bir bölümünde dış etkilerle (define arama) taşlar sökülmüştür. Bu durum duvarlarda bütünlüğü ve taşıyıcılığı bozmuştur. Bu bölümler aslına uygun malzeme ve teknikle tamamlanmalıdır.

* Yük iletim düzensizliği tespit edilen kuzey cephe duvarı ile soğukluk kubbesi dış duvarlarında malzeme kayıpları giderilmelidir. Özellikle dış ortam koşullarına bağlı oluşan cephe duvarlarında taş konservasyonu yapılmalıdır. Duvarlarda aslına uygun harçla ilgili uzmanların belirleyeceği noktalarda enjeksiyon uygulanmalıdır. Duvarların alt kısımlarındaki taş ve harç kayıpları aslına uygun malzeme, teknik ve işçilikle tamamlanmalıdır. Bağlayıcılık ve mukavemet lif katkı malzemeleriyle arttırılmalıdır.

* Soğukluk bölümü fener duvarlarındaki strüktürel çatlaklar, ilgili uzmanlar tarafından değerlendirilmelidir. Fener bölgesindeki hasarların giderilmesi amacıyla kısmi sökümler yapılmalı, aslına uygun malzeme ve teknikle güçlendirilmelidir. Fener duvarlarında aşınan tuğlalar, dayanımı yüksek tuğlalarla aslına uygun biçimde değiştirilmelidir. Fener duvarının harçlarında malzeme kaybı bulunmaktadır. Sıvalı fener kubbesi temizlenmelidir. Kubbedeki yüzey ve harç kayıpları aslına uygun malzemelerle tamamlanmalıdır.

* Hamamın üst örtüsünde oluşan toprak dolgu ve niteliksiz eklentiler yapı yükünü artırmıştır. Bu durum duvarlarda yük iletim düzensizliği oluşturmuştur. Bunların temizlenerek dam yüzeyinde yalıtım ve onarımı yapılmalıdır. Hamam bacalarındaki tuğla ve harç malzeme kayıpları aslına uygun malzemelerle tamamlanmalıdır. Üst örtüde zirai ilaçlama yapılarak, biyolojik etkileri önlenmelidir. Hamamın tüm bölümlerindeki (soğukluk, sıcaklık, ılıklık, eyvan, vb) kemer ve tonoz sıvaları temizlenmeli, gerekli taş yüzey bakımı yapılmalıdır.

* Soğukluk kubbesinin üstü alaturka kiremitli[22] konik çatı ile örtülmüştür. Çatı kiremitlerinin büyük bölümü yıpranmıştır. Ayrıca çatı üzerinde bitki oluşumları bulunmaktadır. Çatı malzemesi aslına uygun yenilenmelidir. Bitki oluşumları temizlenmeli, tekrar oluşumlarının önlenmesi amacıyla ilaçlanmalıdır. Soğukluk çatısında kırık, işlevini yitirmiş alaturka kiremitler aslına uygun şekilde yenilenmelidir. Soğukluk bölümündeki pencere kanatları yenilenmelidir

* Kubbedeki fil gözleri basınca ve dış ortam koşullarına karşı dayanıklı malzemelerle kapatılmalıdır. Nem sorunlarını önlemek için yalıtım yapılmalıdır. Fil gözlerindeki bitki oluşumları temizlenmelidir. Fil gözleri ve aydınlatma boşlukları basınca, dış ortam koşullarına karşı dayanıklı malzemelerle kapatılmalıdır.

* Ilıklık bölümündeki tuğla kubbelerde gerekli temizlik ve sağlamlaştırma çalışmalarından sonra yıkık bölümler tamamlanmalıdır.

* Tarihi yapılara yeni işlev verilmesi ya da çağdaş eklerle işlevsel özelliklerinin arttırılması uzmanlık isteyen önemli bir çalışmadır. Bu nedenle çağdaş ek ve yeni işlevlendirme için restorasyon projeleri hazırlanmalıdır. Yapının günümüz koşullarına göre yeniden düzenlenerek, aynı işlevi sürdürmesi sağlanmalıdır.

[22] Alaturka kiremit: Anadolu'da inşa edilmiş eski yapıların çatı kaplama malzemesi olarak bilinen kiremit çatı ve mahya üzerini örtmektedir. (Özyiğit, s. 150).

KAYNAKÇA

ARU, K.A, (1949)"*Türk Hamamları Etüdü*", Doçentlik Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul Matbaacılık, T.A.O, , s. 34-37-40.

BEYSANOĞLU, Ş.(1990). *"Anıtları ve Kitabeleri ile Diyarbakır Tarihi*" Cilt 2, s.550.Neyir Matbaası, Ankara.

BUCKINGHAM, J.S,(1827) "*Travels in Mesopotamia,"* London.

DAĞTEKİN, E. (2007)."*Güneydoğu Anadolu Bölgesi Geleneksel Hamam Tipolojisi ve Buna Bağlı Koruma Ölçütlerinin Oluşturulması*" Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayımlanmış Doktora Tezi . Ankara. s.49.

Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi.(2017*)."Koruma Amaçlı İmar Planı (KAİP)"*Diyarbakır.

Diyarbakır Kültür Tabiat Varlıkları Koruma Kurulu. 2017. Tescilli Yapı kayıtları

ERTUĞRUL, A, (2002). *"Mimar Sinan'ın İstanbul'daki Mevcut Hamamları*", Yüksek Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

ERTUĞRUL, A. (2009). *"Hamam Yapıları ve Literatürü*" Türkiye Araştırmaları Literatür Dergisi, Cilt 7, Sayı 13, s. 241-266

İÇEN, E. (2019). Deva Hamamı sahiplerinden biriyle yapılan sözlü görüşme

EYİCE, S., (1997). *"Hamam",* Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi, Türkiye Diyanet Vakfı İSAM, c.15., s. 402-430, İstanbul.

Gültekin, E.R.(2017). *"İslam İnancina göre Türklerde Yıkanma Kültürü ve Türk Hamam Mimarisi"* Ankara.

IŞIK, N. (2017). " *Geleneksel Yığma Yapılarda Taşıyıcı Sistem Hasarları ve Nedenlerinin Tespiti ile Güçlendirme ve Tamamlayıcı Müdahale Önerileri; Diyarbakir;Suriçi Örneği"* Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayımlanmamış Doktora Tezi. Diyarbakır.

OĞUZ, PAYASLI, G.,(2017). Deva hamamının rölöveleri Dicle Üniversitesi Mimarlık. Fakültesi Mimarlık Bölümü öğrencileri tarafından Rölöve Teknikleri dersi kapsamında Gülin Payaslı Oğuz danışmanlığında hazırlanmıştır.

OĞUZ, PAYASLI. G., YILDIRIM, M., (2018) "*Tarihi Diyarbakır Deva Hamamı'nın Günümüz Durumu ve Yapısal Sorunları"* Tasarım ve Koruma-Zülküf Güneli'ye Armağan Kitabı. Birsen Yayınevi, s.121-133. İstanbul.

ÖNGE, Y., (1986) *"Koca Sinan'ın Hamamlarında Görülen Bir Yenilik-Merkezi Kubbeli Örtü Sistemleri",* II. Uluslararası Türk İslam Bilim ve Teknoloji Tarihi Kongresi, İTÜ, , Cilt. 2,s.81-85.

ÖNGE, Y., (1981). *"Eski Türk Hamamlarında Su Tesisatı ile ilgili bazı detaylar",* I. Uluslararası Türk İslam Bilim ve Teknoloji Tarihi kongresi, İTÜ, c. 15, s. 213-223.

ÖNGE, Y. (1988)., *"Anadolu Türk Hamamları Hakkında Genel Bilgiler ve Mimar Koca Sinan'ın İnşa Ettiği Hamamlar",* Mimarbaşı Koca Sinan Yaşadığı Çağ ve Eserleri, c. I, Vakıflar Genel Müdürlüğü Yayınları, s. 403-428.İstanbul.

ÖZYİĞİT, Ö. (1990), *"Alaturka Kiremidin Oluşumu",* Arkeoloji ve Sanat Tarihi Dergisi, s.5, Ege Üniversitesi Yayınları, ss. 149-179

SÖZEN, M. (1971). *"Diyarbakır'da Türk Mimarisi*", İstanbul.

TANGÜLER; AKA, D. (2019) *Somut Olmayan Kültürel Mirasın Tespiti, Korunması ve Aktarılması Bağlamında Hamamlar: Adana ve Antakya Hamamları"* Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayımlanmamış Yüksek lisans Tezi. Mersin.

ÜLGEN, A. S., (1950) *"Hamam"*, Milli Eğitim Bakanlığı İslam Ansiklopedisi, Milli Eğitim Basımevi, , c. 5, I. Kısım, s. 174-178. İstanbul.

İnternet Kaynakları:

- www.turkhamammuzesi.com. T.C Ankara Kalkınma Ajansı'nın desteklediği "*Sürdürülebilir Bir Turizm İçin Uygulamalı Hamam Müzesi"* projesi. Erişim Tarihi 21.08.2019
- https://archives.saltresearch.org/handle/123456789/91217 Erişim Tarihi 12.09.2020

AHP YÖNTEMİ İLE GEMİ BALAST SUYU ARITMA SİSTEMLERİNİN SEÇİLMESİ

Güneş ATACAN KAHVECİOĞLU
İstanbul Teknik Üniversitesi

Arş. Gör. Üstün ATAK
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Yasin ARSLANOĞLU
İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖZ: Deniz taşımacılığında büyük öneme sahip olan gemilerin bir noktadan diğerine en hızlı ve verimli şekilde yüklü veya boş halde seyir yapmaları gerekmektedir. Çeşitli tipte ve ağırlıkta yüklerin taşınması sırasında gerekli olan balast suyu sistemi, gemilerin seyre elverişliliği konusunda dikkat edilmesi gereken en önemli hususların başında gelmektedir. Bu noktada dengeyi sağlamak adına, geminin gerektiği kadar suya batmış halde sefere çıkabilmesi için bünyesine deniz suyu alması gerekmektedir. Bir tanka alınan balast suyu, bir sonraki limanda ya da sefer esnasında tekrar denize boşaltılmaktadır. Boşaltılan deniz suyu içerisinde bulunan çeşitli mikroorganizmalar ise balastın tahliye edildiği yerdeki doğal yaşamı tehdit etmektedir. Bu sebeple gemilerin balast suyu arıtma sistemleri ile donatılmış halde sefer yapmaları, son yıllarda değişen uluslararası kurallardan birisidir. Sonuç olarak, hali hazırda sefer yapan gemilerin arıtma sistemlerini gemiye entegre edebilmesi adına çeşitli üreticiler arasından seçim yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada, Türk gemi işletme firmalarında görev yapan uzmanlara danışılarak bir anket çalışması yapılmıştır. Çalışmada belirlenen karar verme seçenekleri Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi kullanılarak analiz edilmiş ve değişik tipteki gemiler için hangi balast suyu arıtma sisteminin uygun görüldüğü belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Denizcilik, Balast Arıtma Sistemi, Balast Suyu, AHP

Ship Ballast Water Treatment System Selecting with AHP Method

ABSTRACT: Vessels navigate from one port to another in the fastest and most efficient manner either loaded or under ballast condition for the sake

of cleaner transportation. The ship ballast system, which is required during the transportation of cargoes of various types and weights, is one of the most important issues to be considered in terms of the seaworthy of ships. At this point, the ballast water is a must in order to complete voyage within the stability limits which could be achieved by optimised draft. The ballast water on board is discharged to the sea at the next port or during the voyage. Various plants, animals, and microorganisms in seawater threaten the natural life where the ballast is discharged. For this reason, merchant vessels are forced to equipped with ballast water treatment systems by global rule makers. For this reason, it is necessary to select the systems from various manufacturers in order to integrate the ballast water treatment systems. In this study, a survey was carried out with experts working in Turkish ship management companies. The decision-making options determined in the study are analysed using the Analytic Hierarchy Process method. The results are identified which ballast water treatment method is suitable for different types of ships.

Keywords: Maritime, Ballast Treatment System, Ballast Water, AHP

1. GİRİŞ

Gemilerde balast suyu alımı, sürekli yenilenen teknolojilerle geçmişten bugüne gelişimini sürdürmektedir. Bu gemilerde emniyetli seyir ve operasyon sağlamak adına balast suyunun kullanımı büyük önem taşımaktadır. Balast su çekimini arttırarak dengeyi düzenlemek amacıyla alınan, geminin yük taşımadığı durumlarda ağırlığı sağlayan deniz suyuna verilen isimdir. Balast suyu kullanımının amacı gemilerde dümen pervanesini batıracak gerekli ağırlığı sağlayarak itici gücü sağlamak, denge oluşturup manevra kabiliyeti sağlamak, bunun neticesinde kaza riskini azaltmaktır. Böylece zaman ve enerji israfına engel olmakta, geminin işletimini kolaylaştırmaktadır. Bunun yanında gemiler sığ bölgeden geçtiğinde, balast suyu geçici süre tahliye edilerek gemi ağırlığının azaltılması sağlanmaktadır.

Özetle tüm bu operasyon, yük olmadığında deniz suyu alınarak ağırlık sağlanması, yükün tahliye edileceği limanda da bu deniz suyunun boşaltılması şeklindedir. Bunun sonucunda doğal olarak alınan balast suyunun başka bir bölgede tahliye edilmesiyle, çeşitli deniz canlıları, balık türleri, planktonlar ve mikroorganizmaların taşınması söz konusudur. Bu nedenle balast suyu, yeni biyocoğrafik bölgelere yerli olmayan deniz canlıları ulaştırma işleminden sorumlu en önemli taşıyıcı olarak kabul edilir (Gollasch vd., 2007). Kabaca dünya çapında her yıl 3,5 milyar ton balast suyunun ticaret gemileri ile aktarıldığı tahmin edilmektedir (Endresen vd., 2004). Balast suyu sebebiyle taşınan canlı türleri yeni bölgesel koşullarda yeni türler oluşturarak çevreyi ve sağlığı tehdit edebilmekte, dolayısıyla maliyete neden olmaktadır.

Bu sebeple Uluslararası Denizcilik Örgütü ya da kısa adıyla IMO (International Maritime Organization) tarafından Gemi Balast Suyu ve Sedimentlerinin Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi (International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments) 2004 yılında kabul edilmiştir. (IMO, 2004). Günümüzde bu standartlar geliştirilerek gemilerin balast suyu arıtma sistemleriyle donatılması uluslararası kurallarla zorunlu hale gelmiştir. Sonuç olarak; yeni inşa olan ve hali hazırda aktif bulunan gemilerin arıtma sistemlerini, belirlenen standartlara uyumlu olarak seçebilmesi adına, çeşitli üreticiler arasından tercih yapmak gereklidir. Bu çalışmada uzmanlar tarafından yapılan değerlendirmeler sonucunda, farklı özellikteki gemiler için hangi balast suyu arıtma sisteminin uygun görüldüğü belirlenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

IMO, yerli olmayan deniz canlılarının balast yoluyla taşınmasını önlemek amacıyla ilk olarak 1991 yılında uluslararası kılavuz ilkeleri yayınlamıştır. Devletler arasında uzun seneler devam eden görüşmeler sonucu, IMO 2004 yılında uluslararası balast suyu yönetimi standartlarına dair düzenlemeleri kabul etmiştir. Bunun sonucunda Gemi Balast Suları ve Sediment Kontrolü ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi (International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments) oluşturulmuş ve üye ülkelerin imzasına açılmıştır.

İlk olarak çevresel faktörlerin değişmesiyle canlı ve organizmaların hayatta kalma ihtimallerini azaltmak amacıyla, gereken balast suyu değişim koşullarını belirleyen D-1 standartları uygulanmıştır. Ancak bu standartların yetersiz kalması sonucu D-2 standartları geliştirilmiştir. Bu standartla gemilerin taşıdıkları balast suyunun içerisinde bulunabilecek organizmaların türlerine göre boyut ve sayıları belirlenmiş, bu sayede gemilerde kullanılacak balast arıtma sistemlerinin performans kriterleri belirli standartlara tabi tutulmuştur. 2017 yılında anlaşmanın bütün dünyada yürürlüğe girmesiyle, bu tarihten sonra inşa edilen yeni gemiler uygun balast suyu arıtma sistemleriyle donatılmış şekilde inşa edilmektedir. Hali hazırda mevcut olan gemiler için ise, periyodik bakıma tabi tutulacakları denetim zamanına göre bir uyum sağlama tarihi belirlenmiştir. Gemilerin D-2 standartlarına uyumu bu şekilde 8 Eylül 2024 tarihinde tamamlanacaktır.

Gemiler, sözleşmeye taraf olan bir ülkenin liman veya terminalinde liman devleti kontrolüne tabi tutulabilir. Bunun yanı sıra, bazı ülke ve bölgelerde IMO standartlarından daha katı standartlar uygulanabilmektedir. Bu ülkelerde işletilecek olan gemiler üzerinde ise daha katı standartlara uyum sağlanması adına yine bu koşullara uygun balast arıtma sistemi seçimi yapılması zorunludur. Bu durumda belirli üretici firmalar arasından gemiye uygun olacak arıtma sistemi seçilmesi gereklidir. Günümüzde piyasada birçok sayıda balast suyu arıtma sistemi alternatifi mevcut olup, yeni alternatifler gelişmekte olan teknolojilerle sürekli olarak artmaktadır.

İngiliz standart kuruluşu Lloyd's Register tarafından 2015 yılında yayımlanan kılavuza göre balast arıtma sistemi seçiminde geminin balast kapasitesi, sistem için gerekli alan, hali hazırda mevcut sistemlerle entegre durumu, güç kullanımı, emniyet seviyesi, basınç etkileri, sistemin balast tank yapısıyla uyumu vb. birçok kriterin göz önünde bulundurulması gereklidir. Sermaye ve kurulum maliyeti haricinde işletme maliyeti, sarf malzeme maliyeti, yedek parça ve servis ulaşılabilirliği, kullanma kolaylığı doğrultusunda oluşacak ek iş yükü ve eğitim ihtiyacı gibi maliyetler de önemli kriterlerdir. Seçim aşamasında, sistemin kurulacağı alandaki tuzluluk ve sıcaklık değerleri, gerekli olan toplam güç, ihtiyaç duyulan pompaların türü ve balast tanklarının kapasiteleri gibi bilgiler de göz önünde bulundurulmalıdır (Tablo 1)

Tablo 1: Gemi tiplerine göre balast piyasası

Gemi Kategorisi	Gemi Tipi	Balast Kapasitesi (m^3)	Pompa Kapasitesi (m^3)
		Dökme Yük Gemileri	
Yüksek balastlı gemiler	Handysize	18,000	1,300
	Panamax	35,000	1,800
	Capesize	65,000	3,000
		Tankerler	
	Handysize	6,500	1,100
	Handymax-Aframax	31,000	2,500
	Suezmax	54,000	3,125
	VLCC	90,000	5,000
	ULCC	95,000	5,800
		Konteyner gemileri	
Düşük balastlı gemiler	Feeder	3,000	250
	Feedermax	3,500	400
	Handy	8,000	400
	Sub-Panamax	14,000	500
	Panamax	17,000	500
	Post-Panamax	20,000	750
		Diğer gemiler	
	Kimyasal Tankerler	11,000	600
	Yolcu Gemileri	3,000	250

Günümüzde mekanik, fiziksel ve kimyasal yöntemler olmak üzere üç ana tipte teknoloji kullanılan bu arıtma sistemleri; uzmanlar tarafından değerlendirilirken geminin tipi, kapasitesi ve balast bağımlılığına göre avantajları ve dezavantajlarıyla göz önünde bulundurmalıdır. Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri arasından Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), sorunları ele alma ve performansı alternatifler arasında karşılaşma yöntemi açısından bu gibi seçim yapılması gereken durumlar için ideal bir seçenek olacaktır.

AHP yöntemi (Saaty, 1980), problemi ele alma noktasında birçok farklı kriter altında alternatiflerin değerlendirilerek en iyi seçimin yapılması için karar hiyerarşisi oluşturma durumunda kullanılmaktadır. En basit haliyle yüzdesel dağılım ve ağırlıklandırmadan faydalanan bir tahmin yöntemi olarak tanımlanabilir. Yöntem tanımlanmış bir karşılaştırma skalası kullanılmasıyla; gerek kararı etkileyen faktörler ve gerekse belirlenen önem yüzdeleri açısından, birebir karşılaştırmalara dayanmaktadır. Sonuçta önem farklılıkları, karar noktaları üzerinde yüzdesel dağılıma dönüşmektedir (Park ve Han, 2002). Bu nedenle çalışmada AHP yöntemi kullanılarak, pazar içerisindeki farklı üreticilerin sunduğu alternatifler arasından seçim yapılması açısından anket çalışması oluşturulmuştur.

Hedeflenen sonuç, çeşitli uzman görüşlerinden faydalanılarak balast suyu arıtma sistemlerinin birbiriyle karşılaştırılması olacaktır. Bu doğrultuda, literatürdeki güncel çalışmalar ve piyasadaki mevcut ürünler incelenerek karşılaştırılacak kriterler ve üreticiler seçilmiş; beş uzman tarafından seçeneklerin 1-9 arası puanlandırılarak birbiriyle karşılaştırılması sonucu, önem yüzdeleri ve öncelikli tercih edilen alternatifler belirlenmiştir. Değerlendirme içerisinde 1- her iki seçenekte eşit öneme sahip iken, 3- biraz daha önemli, 5- fazla önemli, 7- çok fazla önemli ve 9- son derece önemli olarak kabul edilmektedir. Katılımcıların arada kaldığı veya kesin bir değer veremediği durumlarda ise 2, 4, 6, 8 ara değerleri kullanılabilmektedir. Bu karar verme süreci kullanılarak tespit edilen sonuçlar ortaya konulmuş, bu sayede katılımcıların tercihleri belirlenmiştir.

3. BULGULAR

Ankete katılan uzmanlar denizcilik eğitimi ve 10 yılı aşkın iş tecrübesi olan mühendislerdir. Dolayısıyla piyasa içerisinde aktif bulunan, konuyla ilgili yeterli bilgiye kişilerdir. Karşılaştırma konusu balast suyu arıtma sistemleri farklı üreticilere ait olup A, B, C, D, E, F markaları olarak belirlenmiştir.

AHP değerlendirme kriterleri ise Tablo 2'de gösterildiği şekilde belirlenmiştir. Uzman değerlendirmelerinin hesaplanmasıyla belirlenmiş önem yüzdeleri Tablo 3'de yer aldığı şekilde hesaplanmıştır. Tablo 3'de yer alan kriter ağırlıklandırmaları olarak

belirlenmiş önem yüzdeleri ile Tablo 4'de görülen sonuçlar değerlendirildiğinde uzmanların yaptığı karşılaştırma sonucu A ve D markalarının öne çıktığı anlaşılmaktadır. Anketlerin değerlendirilmesiyle elde edilen sonuçlar, tutarlılık kontrolü içerisinde değerlendirilerek, tutarlılık yüzdelerinin %10 sınırına uygun olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2: AHP ile karşılaştırılacak değerlendirme kriterleri

Kriter Kodu	Değerlendirme Kriteri
K1	Üretici Ömrü – Bakım Maliyetleri – Firmanın Güvenilirliği
K2	Güç – Çevresel Uyum
K3	Arıtma Zamanı – Kullanım Kolaylığı
K4	Sistem Kapasitesi – Performans
K5	Makine Dairesinde Kapladığı Alan – Performans
K6	Makine Dairesinde Kapladığı Yükseklik – Performans
K7	Kimyasal Kullanımı – Emniyet Faktörleri

Tablo 3: Kriter ağırlıklandırmaları

Kriterler	Ağırlık
K1	0,061
K2	0,106
K3	0,106
K4	0,110
K5	0,260
K6	0,255
K7	0,103

4. SONUÇ

Anket sonuçları değerlendirildiğinde; balast sisteminin makine dairesinde kapladığı alan - performans ve balast sisteminin makine dairesinde kapladığı hacim - performans kriterlerinin diğerine kıyasla açıkça öne çıktığı belirlenmiştir. Uzmanlara göre, göreceli olarak daha az önem taşıdığı şeklinde değerlendirilmiş kriterler ise üretici ömrü - bakım maliyetleri - firmanın güvenilirliği olarak belirlenmiştir. Kalan kriterler incelendiğinde neredeyse eşit öneme sahip oldukları görülmektedir.

Tablo 4: Kriter/marka değerlendirme sonuçları

Kod	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
A	0,197	0,397	0,196	0,238	0,280	0,229	0,218
B	0,054	0,114	0,110	0,097	0,105	0,088	0,121
C	0,310	0,113	0,196	0,238	0,171	0,164	0,242
D	0,236	0,180	0,207	0,186	0,260	0,314	0,169
E	0,149	0,082	0,210	0,160	0,087	0,091	0,175
F	0,052	0,113	0,086	0,081	0,096	0,113	0,075

Tablo 5: Ağırlıklandırılmış sonuçlar

Kriterler	Ağırlık
K1	0,061
K2	0,106
K3	0,106
K4	0,110
K5	0,260
K6	0,255
K7	0,103

Bu sonuç, sistem boyutlarının özellikle 2017 yılı öncesi inşa edilmiş gemiler için büyük önem taşıdığını göstermekle birlikte; uluslararası piyasada yapıların talep doğrultusunda benzerlik göstermesi sebebiyle genellikle piyasaya uygun boyutlarda sistemler üretilmektedir. Yine de arıtma sisteminin kapladığı alan ve ağırlığın bir maliyete yol açması açısından bakıldığında, mecburen öncelik ve önemini koruyan bir kriter olacaktır.

Bu iki kriter değerlendirildiğinde A ve D seçeneklerinin avantajlı olduğu belirlenmiştir. A markası güç - çevresel uyum açısından değerlendirildiğinde diğerlerinden önde olduğu görülmektedir. Aynı zamanda D markasının, makine dairesinde kapladığı alan - performans ve balast sisteminin makine dairesinde kapladığı hacim - performans kriterlerinde avantajlı bir seçenek olmasının da sonucu etkilediği gözlemlenebilir. Sonuçta uzman görüşleri sonucu yapılan puanlamalar değerlendirildiğinde benzer doğrultuda A ve D seçenekleri beş üst düzey teknik yönetici tarafından öncelikli olarak tercih edilmiştir. B ve F seçenekleri ise yine bu karşılaştırmalar sonucu değerlendirildiğinde tercih sırasında geride kaldığı belirlenen son iki alternatif olarak tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

Endresen, O., Behrens, H.L., Brynestad, S., Andersen, A.B., and Skjong, R. (2004). Challenges in global ballast water management. Marine Pollution Bulletin 48 (7–8), 615–623

Gollasch, S., David, M., Voigt, M., Dragsund, E., Hewitt, C., & Fukuyo, Y. (2007). Critical review of the IMO international convention on the management of ships' ballast water and sediments. *Harmful algae*, *6*(4), 585-600.

IMO, M. (2004). International convention for the control and management of ships' ballast water and sediments. In *International Conference on Ballast Water Management for Ships, BWM/CONF/36, 16 February 2004*. Organization International Maritime.

Lloyd's Register. (2015). Understanding Ballast Water Management: Guidance for Shipowners and Operators.

Park, C. S., & Han, I. (2002). A case-based reasoning with the feature weights derived by analytic hierarchy process for bankruptcy prediction. *Expert Systems with Applications*, *23*(3), 255-264.

Saaty, T. L. (1980). The Analytic Hierarchy Process Mcgraw Hill, New York. *Agricultural Economics Review*, *70*.

KAMU KURUM VE KURULUŞLARINDA SOSYAL MÜHENDİSLİK VE SİBER GÜVENLİK ALGISI

Berna TOZLU
Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. Çelebi ULUYOL
Gazi Üniversitesi

ÖZET: Günümüzün gelişen teknolojisi, yapılan bilimsel çalışmalar, geliştirilen sistemler ve bu sistemlere artan erişim imkânları insanların hayatlarını kolaylaştırdığı gibi beraberinde pek çok tehlikeyi de getirmiştir. Siber güvenlik kavramı soyut bir ifade olduğu için siber güvenlik alanında en zayıf halka olan kişiler, bu kavramı anlamakta ve uygulamakta güçlük çekmektedir. Şirketler, kurum ve kuruluşlar bu durumu göz önüne alarak hem çağın gerisinde kalmamak hem de yönetim alanlarında yüksek güvenlik önlemleri almak için büyük bütçeler ayırmaktadır.

Teknolojideki hızlı değişimler ve gelişmeler hem ülkemizin hem de diğer ülkelerin bilişim sistemlerini güvenlik açısından ciddi şekilde tehdit etmektedir. Ülkemiz genelinde kurum ve kuruluşlar siber güvenlik konusunda gerekli tedbirleri alıp çalışanlarını bu yönde bilgilendirmelidir. Son zamanlarda birçok kuruluş, Sosyal Mühendislik uygulamaları ile kullanıcılarının bilgilerini toplamakta ve güvenlik açıklıklarını test etmektedir. Sonuçlar incelendiğinde kullanıcıların siber güvenlik hakkında daha fazla farkındalığa ve bilince ihtiyaç duyduğu açıkça görülmektedir. Bu çalışmada, çalışanların gerekli eğitimler verilmesine rağmen istenilen farkındalık seviyesine ulaşamadıkları ve çalıştıkları yerler için zafiyet oluşturmaya devam ettikleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu durumdan yola çıkarak, kullanıcıların siber güvenlik eğitimlerini pratik bir şekilde pekiştirmeleri ve olası bir siber saldırı anında doğru kararı verebilmeleri için siber güvenlik alanında filtre model geliştirilmiştir. Bu filtre model, kendi alanında yeni ve ilktir. Model kullanıcılara hem farkındalık eğitimleri sırasında hem de normal zamanlarında afiş, broşür, açılır kapanır pencere (pop-up) gibi araçlarla verilmesi planlanmaktadır. Model ilkeleri basit, anlaşılır ve öğretici nitelikte oluşturulduğu için kullanıcıların zihinlerinde daha kalıcı yer edeceği ve bu ilkeleri gündelik yaşamlarında uygulayacakları düşünülmektedir. Model üç adımdan oluşup ilk iki adım; kurumların ve kullanıcıların dikkat etmesi gereken ilkelerden oluşurken üçüncü adım da test adımı olacaktır. Test adımı, kullanıcıların modelin kullanımı ile verdikleri tepkileri ölçmek ve modelin ba-

şarısını görmek içindir. Bu adım, birden fazla sosyal mühendislik saldırı senaryosu ile kamu kurumu çalışanları üzerinde gerçekleştirilecektir. Sonuç olarak, geliştirilen modelin siber güvenlik farkındalığını artıracağı ve büyük bütçeler harcanarak alınan ancak istenen başarıyı sağlayamayan eğitimlere ek olarak destekleyici bir unsur olarak olumlu katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Siber Güvenlik, Sosyal Mühendislik, İnsan Zafiyeti, Siber Saldırı, Farkındalık, Eğitim, Model

Social Engineering And Cyber Security Perception In Public Institutions And Organizations

ABSTRACT: Today's developing technology, scientific studies, developed systems and increasing accessibility to these systems have made people's lives easier and have brought many dangers to our lives. Since the concept of cyber security is an abstract expression, people who are the weakest link in the field of cyber security have difficulties in understanding and applying this concept. Companies, institutions or organizations which are considering this situation allocate large budgets to cyber security in order to not to stay behind the times and to take high security measures in their management areas.

Rapid changes and developments in technology seriously threaten the information systems of both our country and other countries in terms of security. Institutions and organizations throughout our country should take the necessary precaution about cyber security and inform their employees in this direction. Recently, many organizations collect information of their users and test their vulnerabilities with Social Engineering applications. When the results are examined, it is clearly seen that users need more awareness and awareness about cyber security. In this study, it was tried to be determined that employees could not reach the desired level of awareness even though they were given the necessary training, and that they continue to create vulnerabilities for the places they work. Based on this situation, a filter model has been developed in the field of cyber security in order for users to reinforce their cyber security training in a practical way and to make the right decision at the time of a possible cyber attack.The model will be given to the users both during their awareness training and in their normal times, by means of posters, brochures, and pop-ups. The aforementioned Model will be presented to the users both during the awareness training and in their normal times through tools such as posters, brochures, and pop-ups. Since the model principles are simple, understandable and instructive, it is thought that users will have a more permanent place in their minds and will apply these principles in their daily lives. The model consists of three steps. While the first two steps consist of the principles that organizations and users should pay attention to, the third step consists of the test step. The test step is to measure the users' responses to the use of the model and to see the success of the model. This step will take place on public institution employees with

multiple social engineering attack scenarios. As a result, it is considered that the developed model will increase cyber security awareness and will provide positive contributions as a supportive factor in addition to the trainings that are received by spending large budgets but cannot achieve the desired success.

Keywords: Cyber Security, Social Engineering, Human Vulnerability, Cyber Attack, Awareness, Education, Model

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ve artan erişim imkânları ile birlikte bilgisayar sistemlerine yapılan saldırıların türü değişmiş ve bu saldırılar, daha da karmaşıklaşarak günbegün artış göstermeye başlamıştır. Başlangıçta meydana gelen siber saldırılar kolayca tespit edilip önlenebilirken zamanla bu, çözümü zor bir durum haline gelmiştir. Güvenlik çerçevesi içerisinde em fiziksel hem de sanal ortamlarda oluşan bu olumsuz duruma neden olan en önemli faktör, şüphesiz sistemin en zayıf halkası olan insan faktörüdür. Beşeri, ekonomik ve demografik etmenlerin biri veya birden fazlası insanların bilerek veya bilmeyerek hata yapmasına, zafiyet göstermesine, kendilerini ve çevrelerini riske atmasına sebep olmaktadır.

Son yıllarda ortaya çıkan güvenlik ihlallerine bakıldığında, isteyerek veya istemeyerek kötü amaçlı yazılım girişi yapılıp yapılmadığına bakılmaksızın; insan faktörünün güvenlik zafiyeti bakımından en büyük kaynak olduğu düşünülmektedir (Soydan,2020,s.38). Donanım ve işletim sistemleri güncellenirken, açıklar yamalarla kapatılmakta ve güvenlik riskleri ortadan kaldırılmaktadır. Benzer çalışma kurum çalışanları üzerinde de gerçekleştirilmeli, bilgileri sürekli güncellenmeli ve ortaya çıkan yeni saldırılardan nasıl kaçınacakları konusunda ilgili personel düzenli olarak bilinçlendirilmelidir (H4cktimes,2020).

Organizasyonlar (şirket, kurum ve kuruluşlar), siber güvenlik sürecini mevcut durumdan daha başarılı bir şekilde yönetebilmek, olası tehlikeleri ortadan kaldırabilmek ve veri güvenliğinin sağlandığı bir ortam oluşturabilmek için sosyal mühendislik saldırıları yapıp; organizasyon yapılarını test etmektedir. Bu çalışmalar; zafiyetlerin ortaya çıkması, olası risklerin tespit edilmesi, eksikliklerin belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması konusunda oldukça önemlidir.

Şirket, kurum ve kuruluşlar sanal ortamda yaşanabilecek güvenlik ihlallerine karşı çoğu zaman birkaç yazılım ile güvenlik önlemi almaya çalışmaktadır. Bu gibi çözümler kısa vadede yarar sağlasa da güvenlik ile ilgili olası riskleri tamamen ortadan kaldıramamaktadır. Çünkü güvenlik ağının en zayıf halkası insan faktörüdür ve

bu faktör göz ardı edilerek birkaç yazılım ile ilgili risklere karşı güvenlik önlemi alınamaz. Zamanında önlem alınmayan siber riskler, ilerleyen dönemlerde organizasyonlar için ciddi sorunlara ve olumsuz durumlara sebep olabilmektedir.

Şirket, kurum ve kuruluşlara yapılan siber saldırıların sebep olduğu maddi zararlar, saygınlık kayıpları ve hassas bilgilerin çalınması gün geçtikçe artmakta olan olumsuz durumların başındadır.

2. TEMEL BİLGİLER

2.1. Siber Güvenlik Kavramı

Siber saldırıların bireyleri, kurumları ve ülkeleri hedef aldığı son yıllarda siber güvenlik kavramı, ciddi gelişmelerin yaşandığı ve üzerinde kapsamlı çalışmaların yapıldığı bir konu haline gelmiştir.

Siyasi ve finansal kazanç arayan dış aktörler ile ele geçirme (hackleme) yetenekleri olan kişiler vasıtasıyla kişi, kurum ve kuruluşlar siber güvenlik tehditleri ile karşı karşıya kalmaktadır. Tehditler, ayrıca çalışanlar gibi iç kaynaklardan ya da sisteme yasadışı erişim ile giriş yapanlarca da oluşabilmektedir (Ünver, 2016). Siber saldırganlar artık kuruluşlarda var olan güvenlik duvarına atakta bulunmak yerine, kuruluşun network ağı katmanlarındaki güvenlik açıklıklarını bulup buradan saldırmayı tercih etmektedir.

Siber saldırıların meydana getirdiği etki ve tahribattan dolayı, bu saldırıların tespiti önemli bir konu olmuş ve bu yönde akademik çalışmalara da büyük ölçekte ağırlık verilmiştir. Siber ortamlarda gerçekleştirilen saldırılardaki amaç, genellikle karşı tarafa farklı mahiyetlerde zarar vermektir. Siber ortamlara yapılan zararlı müdahaleler, ekonomik zarar verebileceği gibi istihbarı bilgilerin istenmeyen taraflarca ele geçirilmesi ile siyasi, sosyal ve kişisel zararlara da neden olmaktadır.

Siber güvenlik kavramı tanım olarak; temel malzemesi olan bilgi üzerinden yapılmaktadır. Buradan hareketle, siber dünyanın güvenli olabilmesi için ana kaynak bilginin; gizliliği (confidentiality), bütünlüğü (intergrity) ve erişebilirliği (availability) sağlaması gerekmektedir (Goodrich ve Tamassio, 2010). Nihayetinde “bilgi” en temel yapıtaşıdır. Siber güvenliğin amacı da bilgi ve bilgi sistemlerinin korunmasıdır. Şirket, kurum ve kuruluşlar her yıl siber güvenlik denetimlerini planlamalı,

kendi güvenlik politikalarını belirleyip alanında uzman kişilerle bu süreci yönetmelidir.

2.2. Sosyal Mühendislik

Sosyal mühendislik kavram olarak insan davranışlarındaki yanlışları veya zaafları kötüye kullanarak bir sistemin ele geçirilmesi işlemi şeklinde tanımlanmaktadır. Sosyal mühendislik başka bir ifadeyle toplum mühendisliği, yalan söyleme ve ikna etme üzerine kurulan, inandırma ve bilgi toplama sanatıdır (Mitnick ve Simon, 2006, s.303).

Sosyal mühendislik saldırıları, genellikle sosyal mühendis olarak adlandırılan kişilerce dışardan yapılır. Ancak dışarıdan yapılan saldırıların yanında herhangi bir organizasyon içerisinden de saldırılar yapılabilmektedir. Sosyal mühendis ise, insan psikolojisini anlayan ve bunu manipüle ederek, siber saldırılar vasıtasıyla yetkisiz erişim sağlamaya ya da gizli ve hassas içerikli verileri ele geçirmeye çalışan, hedefteki kurbanı kullanan kişidir. Sosyal mühendisler, ihtiyaç duydukları bilgileri, çoğunlukla sistem kullanıcılarından psikolojik hileler kullanarak elde etmektedir. Teknik olarak analiz edildiğinde bu mühendislerin, yapmış oldukları saldırılar sonucunda risk almadan ve fazla zaman kaybı yaşamadan başarılı bir şeklide amaçlarına ulaştıkları gözlenmektedir. Bu saldırılarda hedef seçilen kişinin bilgisizliğinden, dikkatsizliğinden ve kişisel zaaflarından yararlanmak sosyal mühendisler adına daha iyi sonuç vermektedir. Sosyal mühendisler, karşılarındaki kurbana ve kendilerine, ellerindeki saldırı senaryosuna göre rol biçerler. Genelde saldırganlar arkadaş canlısı davranıp iyi ilişkiler kurmayı, kendilerini karşı cins gibi gösterip etkilemeyi, telefon yoluyla taklit ve ikna yöntemini kullanmayı tercih etmektedir. Bu tarz yolların tercih edilmesinin sebebi sistem ağına doğrudan atakta bulunup zaman kaybetmek yerine daha hızlı sonuç verecek aksiyonlar gerçekleştirmektir.

2.3. İnsan Faktörü

İnsan faktörünü bilgisayar ve bilgi güvenliği kapsamında ilişkilendirme ve bu yönde analiz metotları geliştirme, halen üzerinde çalışılan ve tamamlanmamış bir konudur. Önceki çalışmaların çoğu güvenlik metodu geliştirmek için akıllı kartlara, şifrelere veya biyometrik cihazlara odaklanmış; esas organizasyonlar için insan faktörünün önemini göz ardı etmişlerdir. Araştırmacılar ve geliştiriciler uzun süre bilgisayar ve bilgi güvenliğinin etkin bir şekilde sağlanmasında en büyük engelin insan olduğunu ya fark edememiş ya da çok az fark etmiştir. Günümüzdeki çalışmalarda

ise insan, teknoloji ve organizasyon kavramları birbirlerinden ayrı değerlendirilmemektedir. Çünkü organizasyonların finansal kayıplarının %80'i güvenlik ihlallerinden kaynaklanmakta ve bu ihlallerin büyük çoğunluğu kullanıcı, geliştirici, paydaş, tedarikçi gibi çeşitli rollerle sürece dâhil olan insanlardan kaynaklanmaktadır (Ponemon Institute, 2012). Bilgi güvenliği için ortaya konan altyapı, artan veri miktarı ile artık eskisi kadar yeterli değildir. Organizasyonların, bilgi ve iş gücünü ilerletmek için siber güvenliğin insan faktörü boyutunu da ciddi şekilde ele alması gerekmektedir. Siber güvenliğin insan faktörü, insan hatasından kaynaklı siber saldırı veya veri ihlali olması ile sonuçlanan eylemleri veya olayları ifade eder. Parolaların paylaşımı, zayıf yama yönetimi, uzaktan çalışmalardaki artış, güvenli olmayan URL (Uniform Resource Loader)'lerin çift tıklanması ve kişisel bir cihaz aracılığıyla kurumsal erişim sağlanması güvenlik tehdidine yol açan insan hatalarının bazılarıdır. Çalışanların çoğu dikkatsizlik, kullanım özeni göstermeme ya da yaptıkları işi koruma konusunda gerekli eğitim ve bilince sahip olmadıkları için organizasyonun verilerini veya sistemlerini riske atmaktadır. Kaspersky Lab and B2B International tarafından dünya çapında 5000'den fazla işletme üzerinde yapılan çalışmanın sonuçları da bu görüşü destekler niteliktedir. Çalışmanın sonuçlarına göre işletmelerin %52'si çalışanları vasıtasıyla risk altındadır (Kaspersky, 2020).

Özellikle küçük ölçekli işletmelerde bilgi güvenliği, BT (Bilgi Teknolojileri) kaynaklarının kullanımı, siber güvenlik politikaları vb. konularda çalışanlar esnek ve denetimsiz bırakılmış, gerekli eğitimler sağlanmadığı içinde risk yüzdeleri yüksek çıkmıştır. Sistem tasarımlarının ve uygulamalarının yetersiz oluşu teknik ve insan faktöründen kaynaklanan hataların kötü amaçlı saldırganlara fırsat yaratmasına ve bunların güvenlik zafiyetlerini sömürmelerine imkân sağlamaktadır. Kullanıcı dostu güvenlik metotlarının tasarlanmasına ve yapılmasına ve bu metotların da insan ve organizasyon faktörlerine dayanmasına ihtiyaç vardır.

2.4. Sosyal Mühendislik Saldırılarından Korunma

Sürekli gelişen ve değişen teknoloji beraberinde yeni alanlarda getirmiştir. Elbette ki bunlar sosyal mühendislerin dikkatinden kaçmamış, çeşitliliğin ve yeni olmanın getirdiği dezavantajlardan yararlanmışlardır. Yeni yöntemler geliştirerek siber saldırılarda daha da başarılı olmaktadırlar. Bu saldırılar sosyal, ekonomik ve itibari olarak kurbanlara ciddi hasarlar vermeye devam etmektedir (Saleem ve Hammoudeh, 2020, s.603-618). Sosyal mühendislik saldırılarını önleyebilecek bir yöntem tam olarak bulunamasa da riskleri ve ortaya çıkacak zararları hafifletecek yöntemlerin varlığı mümkündür. Siber saldırılara karşı alınan tüm tedbirler sosyal mühendislik

saldırıları içinde kabul görmektedir. Fakat sistem ve ağ altyapısına yönelik tedbirlerin yanında sosyal mühendislik saldırılarında, çalışan kişilerin bilincine ve eğitimine yönelik tedbirlerde büyük önem kazanmaktadır. Çünkü saldırılar üst düzey yöneticileri hedef alabileceği gibi temizlik ve güvenlik görevlilerini veya işe yeni başlayan bir çalışanı dahi hedef alabilmektedir. Sosyal mühendisler için güvenlik zincirinin en zayıf halkası olan insanı hedef almak, en iyi güvenlik önlemleri ile korunan organizasyonlara dahi kolaylıkla erişmek için her zaman cazip gelmiştir. İnsan unsurunun yer aldığı bir sistemin kesin güvence altında olmayacağını göz ardı etmeyerek, sosyal mühendislik saldırılarına karşı alınabilecek tedbirleri, organizasyonlar bünyelerine uygulamalıdır.

Bu tedbirlerden bazıları şunlardır (Bağcı, 2016, s.42 -51):

- Farkındalık eğitimi ve güvenlik bilinci,
- Etkili güvenlik politikası oluşturma,
- Fiziksel güvenlik,
- Dijital güvenlik,
- Şifre güvenliği politikası

2.5. Siber Güvenlik Farkındalık Eğitimi

Siber güvenlik bilinci veya farkındalığı eğitimi, siber güvenlik konusunda ortaya çıkan yeni bir düşünce okuludur (Anthony, 2019). Kuruluşlar siber güvenlik bütçelerinin çoğunu çevre savunmaları için harcamaya devam etseler de, gittikçe daha fazla şirket, kullanıcıların zayıf bir bağlantı olduğunu ve savunmaları artırmak için genel siber güvenlik programlarına güvenlik bilinci eğitimini de dâhil etmeye başlaması gerektiğini anlamaya başlamışlardır. Güvenlik bilinci eğitimi, sınıf stili eğitim oturumları, güvenlik bilinci web (ağ) siteleri, e-posta yoluyla yardımcı ipuçları veya posterler gibi çeşitli biçimlerde olabilir (Brodie, 2009, s.1-24). Kurumsal bilgi güvenliği farkındalığında, daha çok organizasyonların standart ve politikalarının çalışanlarına öğretilmesi ve meydana gelebilecek riskli durumlar ve karşılaşılan tehditlere karşı yapılması gerekenlerin üzerinde durularak gerçekleştirilebilmektedir (Sağıroğlu, Erol ve Ceyhan, 2015). Ancak, artan internet ve bilgisayar kullanımı ile her bir birey için kişisel bilgi güvenliği farkındalık eğitimlerinin gerekliliği açıkça ortaya çıkmıştır ve bu kişilere farkındalık eğitimi kesinlikle verilmesi gerekmektedir. Özellikle yaygın olarak kullanılan popüler sosyal paylaşım sitelerini (Facebook, Twitter, Blogger, Linkedin vb.) kullanan insanlar, kendi istekleriyle farkında olmadan iş bilgileri, kişisel bilgiler gibi hassas veri olarak nitelendirilen özel bilgilerini

internet ortamında veya sosyal ağ mecralarında herkesin erişebileceği şekilde paylaşmaktadır. Bu durum kötü niyetli kişi ya da grupların sosyal mühendislik yöntemlerini de kullanarak dolandırıcılık gibi suç faaliyetlerini gerçekleştirmelerine, maddi ve itibari konularda karşı tarafa zarar vermelerine imkân sağlamaktadır (Sağıroğlu, Erol ve Ceyhan, 2015). Kurumlarda, çalışanların teknolojik kavramlara hâkimiyetleri, bilgileri, risk algılama durumları ve kurumsal verilerin güvenliğinde sorumluluk taşıdıklarını bilme düzeyleri aynı değildir. BT çalışanının sosyal mühendislik saldırısını fark etme ihtimali yüksek iken başka bir birimde görev yapan bir çalışanın saldırıyı fark etme ihtimali daha düşüktür. Son kullanıcı, kurum çalışanı, yaş, cinsiyet, statü gibi etmenleri gözetmeksizin kurumların kapsayıcı bir şekilde siber güvenliğe karşı hareket etmesi ve olası durumları ve sonuçlarını gözlemlemesi gerekmektedir. Farkındalık eğitimleri herkese aynı şekilde verilse dahi sosyal mühendisliğe karşı bir model geliştirilerek çalışanların olası bir saldırı halinde verdikleri tepkinin test edilmesi bundandır. Farkındalık seviyesi ile davranış ayrı yönlerde hareket eden iki kavramdır. Bu durum göz önüne alındığında farkındalık üzerine yapılan eğitim ve çalışmalarda davranış değişikliği hedeflenmelidir. Davranış değişikliğinin kullanıcılar tarafından benimsenerek içselleştirilmesi ise ancak tekrarlayan ve dinamik bir döngü ile güvenlik kültürü olarak verilmesi ile sağlanabilir. (Sağıroğlu, Erol ve Ceyhan, 2015). Sıklıkla üzerinde durulan ve zafiyeti oluşturan insan faktörünün eğitimi konusuna destekleyici unsurların eklenmesi de yeterli değildir. Bu yapının sürekliliği sağlamak da büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada siber güvenlik farkındalık eğitiminin tek başına yeterli olmamasına yoğunlaşılmış ve farkındalığın, ortaya konulacak model ile daha başarılı rol oynayacağı düşünülmektedir. Siber güvenlik konusunda sosyal mühendisliğe karşı bir farkındalık modelinin geliştirilerek test edilmesi ve işlemi bir döngü halinde sürekli ve canlı tutmasına yönelik olarak ülkemizde yapılan ilk çalışma olması sebebiyle literatüre büyük katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

3. YÖNTEM

Bu araştırma 2020 yılı içinde kamu kurumları ve çalışanları temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Araştırma süreçleri, araştırmaya katılanlar, tasarlanacak olan modelin girdileri kamu kurumlarından elde edilen verilerdir. Bu bağlamda ortaya çıkan çözüm modelinin, kamu kurumlarının kullanımı için olduğu söylenebilir.

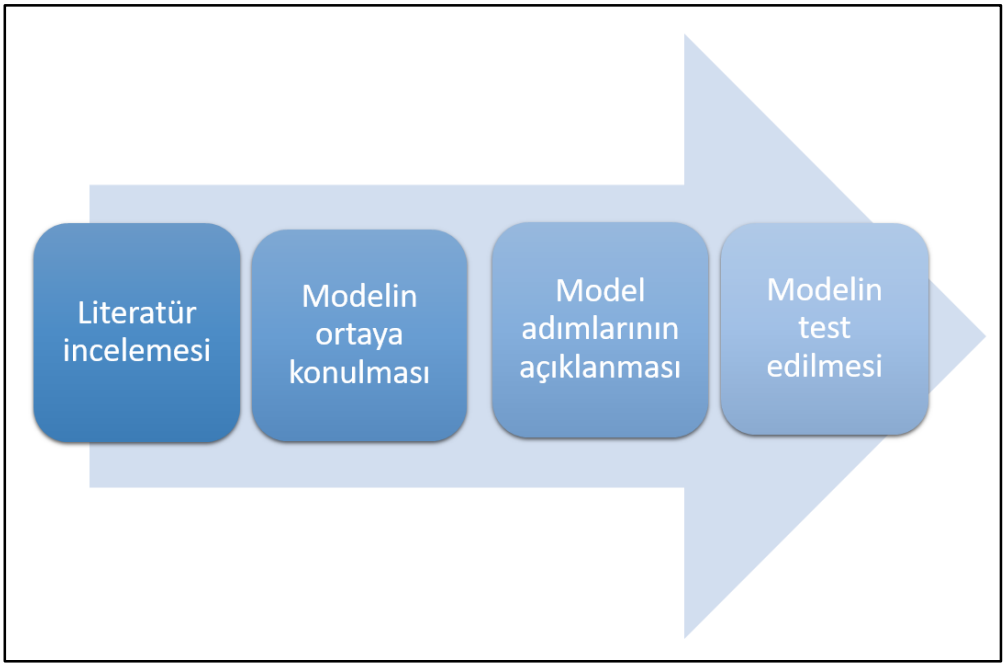
Siber güvenliğin en zayıf halkası olan insan faktörü üzerinde durulan bu çalışmada, insanlardan kaynaklanan zafiyetleri en aza indirmek ya da tamamen ortadan kaldırmak amacıyla yola çıkılmıştır. İncelenen siber güvenlik raporları, bu alandaki

çalışmalar, tezler, makaleler ve birçok doküman insan unsurunun eğitim alsa dahi istenen bilinç ve farkındalık düzeyine erişemediğini açıkça ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın çıkış noktası da bu husus olmuş ve geliştirilecek filtre modelin eğitimle beraber kullanıcılarda istenen bilinç ve farkındalık seviyesini oluşturması beklenmektedir.

3.1. Önerilen Filtre Model

Günümüzde kamu kurum ve kuruluşları, siber tehdit ve risklere karşı kendi sistem altyapılarında farklı katmanlarda siber güvenlik çözümleri kullanmakta, ayrıca zaman zaman sistemlerinde olabilecek güvenlik açıkları ve zafiyetleri tespit ederek önlem almak maksadıyla sızma testleri yaptırmaktadırlar. Fakat güvenlik cihazlarına ve klasik sızma testlerine dayalı bir siber güvenlik algısı, birçok kamu kurum ve kuruluşunu siber saldırılara karşı korumada yetersiz kalmaktadır. Dahası bazen tersine sahte bir güvenlik duygusu yarattığı için o kamu kurum ve kuruluşunu siber saldırılara karşı daha hassas hale getirmektedir. Oysa siber güvenlik, insan ve cihazın içinde yer aldığı her işlem ve adımını kapsayan geniş ve uzun bir süreç yönetimidir.

Siber güvenlikte sosyal mühendisliğe karşı bir model geliştirilmesine yönelik yapılan bu çalışmada süreci doğru ve kapsamlı olarak yönetmek çıkış noktası olmuştur. Öncelikle literatürde bulunan farkındalık modellerine dayalı çalışmalar detaylı olarak incelenmiş ve bu çalışmaların zayıf ve güç yönleri tespit edilmiştir. Ayrıca gerçek hayatta kurumlarda çalışan personel ve yönetimler gözlemlenmiş ve eksik yönleri belirlenmiştir. Bu doğrultuda çalışma şekillenmiş, zayıf ve eksik yönlerin giderilmesini sağlayacağı düşünülen bir model geliştirilmiştir. Literatürdeki çalışmalar ve Türkiye'de bulunan, alanında en iyi hizmet veren siber güvenlik firmalarının yıllık raporları ve çözüm önerileri doğrultusunda model adımları ve içerikleri şekillenmiştir. Model genel anlamda üç adımdan oluşturulup her adım kendi arasında detaylandırılmıştır. Birinci adım kurumun siber güvenlik tehditlerine karşı alması gereken önlemleri ifade ederken, ikinci adım çalışanların bireysel olarak siber güvenlik tehditlerine karşı almaları gereken önlemleri ifade etmektedir. Üçüncü ve son adım ise monitoring olarak isimlendirilen aslında modelin gerçek ortamda gerçek kullanıcılarla hazırlanan sosyal mühendislik saldırı senaryoları ile test edildiği adımdır. Bu adım geliştirilen siber güvenlikte sosyal mühendisliğe karşı bir modelin doğrulanması ve değerlendirilmesi açısından önemlidir. Şekil-1'de sosyal mühendisliğe karşı bir model geliştirilirken uygulanan adımlar gösterilmektedir.



Şekil-1: Siber Güvenlikte Sosyal Mühendisliğe Karşı Model Geliştirilirken Uygulanan Adımlar

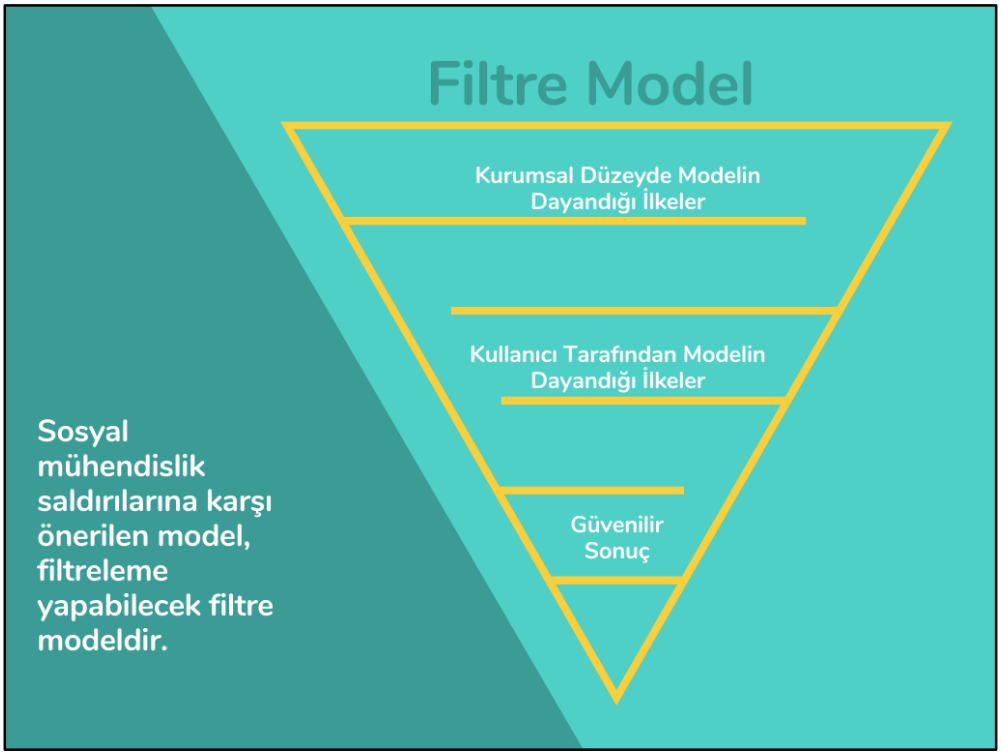
3.2. Çalışma Grubu

Çalışmaya katılan kullanıcılar kamu kurumlarında görev yapan, yaşları 24 ile 65 arasında değişen kadın ve erkeklerden oluşmaktadır. Katılımcıların eğitim durumları ortaöğretim, yükseköğretim ve lisansüstü öğretimlerden oluşmaktadır. Katılımcıların görev ve unvanları çalıştıkları birimlere göre değişkenlik göstermektedir. Tekniker veya mühendis kökenli olup teknik bilgisi olan kullanıcıların yanı sıra bilgisayar kullanım becerisi, teknolojik gelişmeleri takip etme ve ayak uydurma konusunda yeterli düzeyde olmayan kullanıcılarda çalışmada yer almıştır. Yaş, cinsiyet ve teknolojik cihazları kullanım becerileri farklılıklar gösteren kullanıcılar, hemen hemen her kamu kurumunda karşımıza çıkacağı için çalışmanın başarısı ve güvenilirliği için önemlidir.

3.3. Modelin Adımları

Siber saldırılarda sosyal mühendislik yöntemi ile kullanıcıları sömürmek en yaygın yöntemlerden biridir. Sosyal mühendislerin kullanıcı zafiyetlerinden sıklıkla

yararlanması ve kurumsal yapıya maddi ve manevi zararlar vermesi geçmişten beri süregelen bir durumdur. Kurumsal yapıyı kullanıcıdan, kullanıcıyı da kurumsal yapıdan ayrı düşünerek hareket etmek bu bağlamda yanlış olacaktır. İkisi arasındaki ilişkiyi kullanmak ve bir döngüye oturtarak hareket etmek bu modelde önem arz etmektedir. En genelden en özele doğru düşünülecek olursa kurumsal yapı geneli, kullanıcı ise özeli temsil eder. Model ise genelden özele doğru filtreleme yaparak ilerleyeceği için alınabilecek önlemler öncelikle kurumsal yapının filtresinden daha sonra kullanıcının filtresinden geçer. Son olarak filtrenin süzgecinde kalan ise kullanıcının güvenli dediği, sosyal mühendislik saldırı riskini ortadan kaldırdığı güvenli adımdır.



Şekil -2: Çalışma Kapsamında Önerilen Filtre Model

Filtre model Şekil-2'de görüldüğü gibi aşama aşama ilerler ve sonuca ulaşır. Filtre model tercih edilme sebebi, kamu kurumu ve kullanıcı filtrelerinde yer alan

saldırı önleyici adımların son kullanıcıya güvenli hareket etme imkânı sağlayacak olmasıdır.

3.3.1. Kurumsal Düzeyde Modelin Dayandığı İlkeler

Kurumlar, günümüzde güvenli ve riskten uzak bir çalışma ortamına daha çok ihtiyaç duymaktadır. Sahip oldukları verilerin gizliliğini sağlayarak, erişim haklarını kontrol altında tutabildikçe, iş sürekliliklerini ve varlıklarını da uzun yıllar boyunca sürdürebileceklerdir. Bunların sağlanabilmesi için de kurumların bünyelerinde olması gereken güvenlik tedbirleri derlenerek modelin ilk aşaması oluşturulmuştur. Bu maddeler, Türkiye'de hizmet veren büyük güvenlik şirketlerinin çalışmaları, siber güvenlik raporları ve akademik çalışmalar derlenerek, ortak payda da en çok vurgulanan kamu kurumlarının dikkat etmesi gereken hususlar ışığında hazırlanmıştır. Eğer bir kamu kurumunda belirtilen ilkeler mevcutsa olası bir sosyal mühendislik-saldırısını büyük oranda elimine edeceklerdir. Bu ilkeleri genel hatları ile belirtecek olursak;

- Mobil Güvenlik
- İşletim Sistemi Güvenliği
- Veri Tabanı Güvenliği
- Firewall (Güvenlik Duvarı) Kullanma
- Web (İnternet) Güvenliği
- Güvenlik Eğitimleri
- Ağ Güvenliği
- E-Posta Güvenliği
- Son Kullanıcı Güvenliği
- Sızma Testi
- VPN (Virtual Private Network-Sanal Özel Ağ) Bağlantısı
- HotSpot Desteği
- Loglama ve SIEM (Security Information and Event Management) Korelasyon Desteği
- Sanal Makine Güvenliği
- Uygulama Güvenliği
- URL (Uniform Resource Locator-Tekdüzen Kaynak Bulucu) Web Filtreleme
- IDS (Intrusion Detection Systems- Saldırı Tespit Sistemleri)/IPS (Intrusion Prevention Systems-Saldırı Önleme Sistemleri) Kullanma

- ISO27001 Bilgi Güvenliği, KVKK (Kişisel Verileri Koruma Kanunu) ve 5651 Sayılı Kanun Uygulanmalı
- DDoS (Distributed Denial of Service- Dağıtık Hizmet Engelleme Saldırıları) Korunma Testleri
- SOME(Siber Olaylara Müdahale Ekibi) Altyapısı Sağlanmalı ve SOME ekipleri kurulmalıdır.

3.3.2. Kullanıcı Tarafından Modelin Dayandığı İlkeler

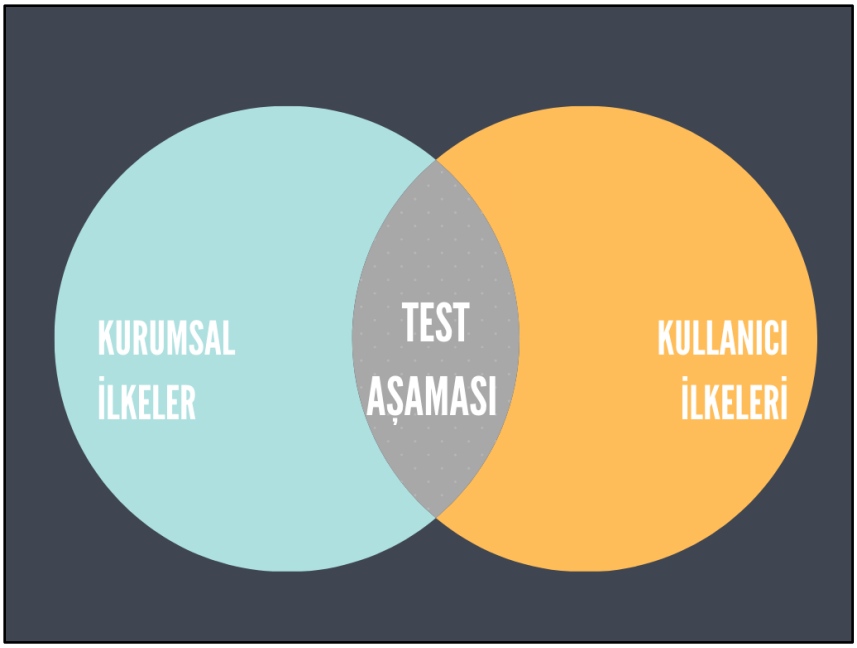
Modelin ikinci adımı kullanıcıların alması gereken önlemleri içermektedir. Burada kullanıcı önlemlerinin ikinci adım olması dikkat çekebilir. Elbette çalışmanın amacı kullanıcı zafiyetlerini en aza indirecek veya tamamen ortadan kaldıracak bir model ortaya koymaktır. Fakat bir kamu kurumunda siber saldırıya uğrama boyutunu en genelden en özele doğru indirgeyerek ilerlemenin daha sağlıklı sonuçlar ortaya koyacağı değerlendirilmiştir. Modelin her adımı tüm olası durumları düşünmektedir ve bu olası durumlara göre de en genel çözüm önerilerini içermektedir. Filtre modelin ilk adımı kurumun alabileceği önlemleri içerir ve saldırgan bir şekilde bu adımdan geçebilmişse ikinci adımda filtreye takılacaktır. Yine burada belirtilen maddeler de Türkiye'de hizmet veren büyük güvenlik şirketlerinin çalışmaları, siber güvenlik raporları ve akademik çalışmalar derlenerek, ortak payda da en çok vurgulanan kullanıcıların dikkat etmesi gereken hususlar ışığında hazırlanmıştır**.** Bu ilkeleri genel hatları ile belirtecek olursak;

- Parola Değiştirme ve Güçlü Parola Koyma
- Önemli Dokümanları İmha Ederek Çöpe Atma
- Ürün Yazılımını Güncelleme
- Zararlı Yazılımlardan Uzak Durma
- Verileri Kilitli Dolaplarda Saklama
- Güvenli Bellek Kullanma
- Sınırlı Veri Paylaşımı
- Antivirüs Kullanma
- Güvenli Ağlara Bağlanma
- Cihazı (Dizüstü, Masaüstü vb.) Fiziksel Olarak Kilitleme
- Güvenlik Eğitimlerine Katılma
- Temiz Masa/ Temiz Ekran Prensibini Benimseme
- İçerik Doğrulama
- Güvenli Bağlantılara Tıklama
- Hassas Verileri Kilitli Dolaplarda Saklama
- E-Posta Güvenliğini Sağlamaları gerekmektedir.

3.3.3. Modelin Test Edilmesi

Modeli test etmek üzere kullanıcılar üzerinde birbirinden farklı sosyal mühendislik saldırı senaryoları gerçekleştirilmiştir. Test aşamasında amaç ortaya konan modelin kullanılabilirliğini ve başarı oranını test etmektir.

Ortaya konan model ilkeleri, hem kamusal tarafta hem de kullanıcı tarafında başarıyla takip edildiğinde izleme (test etme) sürecinde kullanıcıların doğru karar vererek hareket edeceği ve doğru sonuca ulaşacakları düşünülmektedir. Şekil-3 de ilk iki adımın eksiksiz takip edildiğinde son adım olan test aşamasının kullanıcıyı doğru sonuç olarak nitelendirilen güvenli hareket edebilme ortak sonucuna götürdüğü ifade edilmektedir.



Şekil -3: Filtre Model İlkelerinin Ortak Sonucu

4. SONUÇ

Modelin test aşamasında gerçekleştirilen sosyal mühendislik saldırı senaryolarının sonuçları, genel olarak değerlendirildiğinde kurumsal yönetimlerin siber saldırılara karşı etkin reaksiyon göstermede gerekli hazırlıklarını tam olarak sağlayamadıkları ve bunun da çalışanların güvenliğini ilk etapta tehlikeye attığı söylenebilir. Bu süreçte, hem uygulamalar hem de normal iş akışı boyunca gözlemlenen kamu

kurumlarının, siber saldırıları teknolojik bir sorun olarak görmeye devam ettiği ve bu yollarla engel olmaya çalıştıkları tespit edilmiştir. Filtre modelin ilk adımı olan kurumsal bazda alınacak önlemler kısmı tam olarak kurum bünyesinde uygulandığında daha etkin sonuçlar alınacağı değerlendirilmektedir. Güvenlik testleri farklı yöntemlerle daha sık yapıldığında gözden kaçan ya da daha önce önemsenmeyen noktalar bu sayede fark edilip kurumlarda işleme alınacaktır. Ülkemizde güvenlik testleri henüz istenen boyutta yaygınlaşmadığı ve kurumlar tarafından kurumsal bilgi güvenliğinin ve siber güvenlik algısının sağlanmasında önemli bir bileşen olduğunun bilinmediği saptanmıştır. Nitekim bu durum açıkça şu gerçeği göstermektedir: Güvenlik testlerinin kurumlara katkılarının, sağlayacağı farkındalığın ve güvenlik seviyesinin artırılmasına katkısının ülkemizde pek bilinmemekte ve yeterince önem verilmemektedir (Vural ve Sağıroğlu, 2008). Model adımlarının eksiksiz izlenmesi bu bağlamda değer kazanmaktadır. Öncelikle kurumlar bu konudaki üstlerine düşen kendi sorumluluklarını noksansız yerine getirmeli ve sonrasında kullanıcılar tarafından hassasiyet beklenmelidir.

Çalışmaya kaynaklık eden bir diğer husus insan faktörüdür. İnsan faktörünün siber güvenlikteki rolü tam olarak benimsenmediği gibi kurumun bütün çalışanlarının bu sürecin bir parçası olduğu ve ayrım gözetmeksizin her çalışanın sürece dâhil edilmesi gerektiği fikrinin yerleştirilmesi gerekmektedir. Periyodik olarak düzenlenen ve takibi yapılan eğitimler olsa da kullanıcıların bu eğitimlere ne kadar dikkat ve özveri ile devam ettiği daha fazla önem arz etmektedir. İnsan faktörünü bilinçlendirme ve farkındalık düzeylerini artırma eğitimleri siber güvenlikle mücadele de kurumların ellerindeki en büyük koz gibi gözükse de kullanıcıların verilen eğitimleri özümsemesi ve hem iş hem özel yaşantılarında uygulayabiliyor hale gelmeleri daha önemlidir. Çalışmanın amaç kısmında da eğitimlerin tek başına yeterli olmadığı vurgulanmış bu çalışma kapsamında yapılan uygulama senaryoları ile de bu durum desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Bağcı, H. (2016).Sosyal Mühendislik ve Denetim. *Denetişim*, (1), 42-51. URL: https://dergipark.org.tr/tr/pub/denetisim/issue/22499/240554, Son Erişim Tarihi: 13.11.2020.

Brodie, C. (2009). *The importance of security awareness training.* SANS Institute Information Security Reading Room, pp. 1-24.

Kohn, A. (2014). *Brain Science: The Forgetting Curve–the Dirty Secret of Corporate Training.* URL: https://learningsolutionsmag.com/articles/1379/brain-science-the-forgetting-curvethe-dirty-secret-of-corporate-training, Son Erişim Tarihi: 13.11.2020.

Mitnick, K. D., Simon, W. L. (2006). Aldatma Sanatı, Nejat Eralp Tezcan, ODTÜ Yayıncılık, Ankara, 303.

Sağıroğlu, Ş., Erol, S. E., Ceyhan, E.B. (2015). Kişisel, Kurumsal ve Ulusal Bilgi Güvenliği Farkındalığı Üzerine Bir İnceleme.

Saleem, J., Hammoudeh, M. (2020). Defense methods against social engineering attacks, Computer and Network Security Essentials, pp. 603-618.

Soydan, F. (2020).Siber Güvenlik. Target Dergisi. 5 (5), 38.

Ünver, M. (2016). Türkiye'de Siber Güvenlik, Bilgi Güvenliği Derneği, Ankara.

Vural, Y., Sağıroğlu, Ş. (2008). Ülke Bilgi Güvenliği. 3. Uluslararası Katılımlı Bilgi Güvenliği ve Kriptoloji Konferansı, 25-27 Aralık 2008, Ankara.

İnternet: *H4CKTIMES*. Çalışanlarınızın siber güvenliğe önem vermelerini sağlayacak ipuçları. URL: https://h4cktimes.com/nasil-yapilir/calisanlarinizin-siber-guvenlige-onem-vermelerini-saglayacak-ipuclari.html , Son Erişim Tarihi: 04.08.2020.

İnternet: Goodrich, M., Tamassio, R. (2010). *Introduction to computer security*. Addison-Wesley. Host Exploit (2020). World hosts report. URL: http://hostexploit.com/?p=whr-201403, Son Erişim Tarihi: 11.03.2020.

İnternet: *KASPERSKY*. URL: https://www.kaspersky.com/blog/the-human-factor-in-it- security/ , Son Erişim Tarihi: 18.04.2020.

İnternet: *Ponemon Institute.* (2012). The Human Factor in Data Protection. URL: https://www.ponemon.org/local/upload/file/The_Human_Factor_in_data_Protection_WP_FINAL.pdf, Son Erişim Tarihi: 27.08. 2020.

ISO/IEC 27701 UYUMLU KİŞİSEL VERİ YÖNETİM SİSTEMİ KURULMASI ÜZERİNE İNCELEME

Burcu GÜNDOĞAN
Gazi Üniversitesi

Çelebi ULUYOL
Gazi Üniversitesi

ÖZET: Dijital dönüşümün hızla yaşandığı günümüzde, veri işleme faaliyetleri çoğunlukla bilgi teknolojileri aracılığı ile yapılmaktadır. İşletmeler, veri işleme faaliyetlerinde teknolojinin kullanımından kaynaklanan riskleri ortadan kaldırmak veya en aza indirgemek amacıyla uluslararası kabul görmüş bilgi güvenliği standartlarından faydalanmaktadır. Bu noktada işletmeler, sıklıkla ISO/IEC 27001 Bilgi Güvenliği Yönetim Standardı'nı referans almaktadır. Ancak, ilgili standart kişisel verilerin korunmasına özel süreç ve kontroller içermemekte ve bilgi güvenliğini en temelde gizlilik, bütünlük ve erişilebilirlik kriterlerini baz alarak sağlamayı hedeflemektedir. Bu alandaki boşluğu gidermek ve kişisel verilerin korunmasında büyük öneme sahip mahremiyet kriterinin Bilgi Güvenliği Yönetim Sistemleri'ne entegre edilmesi amacıyla, Uluslararası Standartlar Teşkilatı (ISO) tarafından ISO/IEC 27701 Kişisel Verilerin Yönetimi İçin ISO/IEC 27001 ve ISO/IEC 27002 Standartlarına Yapılan Eklemeler Standardı, 2019 yılında yayımlanmıştır. Bu çalışmada, işletmelerin Kişisel Veri Yönetim Sistemi kurarken mevcut Bilgi Güvenliği Yönetim Sistemleri'ne uluslararası kabul görmüş ISO/IEC 27701 standardı çerçevesinde hangi süreç ve kontrolleri entegre etmeleri gerektiğine yer verilmektedir. Ayrıca, kurulan ve işletilen Kişisel Veri Yönetim Sistemi'nin akredite kuruluşlar tarafından denetlenerek belgelendirilebileceği ve böylece işletmelerin ulusal ve uluslararası paydaşları ile düzenleyici ve denetleyici otoritelere güvence sağlayabileceği bir mekanizmanın yaratacağı faydanın ortaya konulması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kişisel Veri, Bilgi Güvenliği, ISO/IEC 27701 Standardı, Kişisel Veri Yönetim Sistemi, KVYS

A Study on the Establishment of ISO/ IEC 27701 Compliant Personal Data Management System

ABSTRACT: In today's world of rapid digital transformation, data processing activities are mostly carried out through information technologies. Businesses benefit from internationally accepted information security standards in

order to eliminate or minimize the risks arising from the use of technology in data processing activities. At this point, businesses frequently refer to ISO / IEC 27001 Information Security Management Standard. However, the relevant standard does not contain processes and controls specific to the protection of personal data and aims to ensure information security basically based on confidentiality, integrity and accessibility criteria. ISO/IEC 27701, additions to ISO / IEC 27001 and ISO / IEC 27002 Standards for the Management of Personal Data in order to eliminate the gap in this field and to integrate the privacy criterion, which is of great importance in the protection of personal data was published in 2019 by the International Standards Organization (ISO). This study identifies the processes and controls that should integrate into existing Information Security Management Systems by businesses within the framework of internationally accepted ISO / IEC 27701 Standard. In addition, it is aimed to reveal the benefit of a mechanism that can provide assurance to the national and international stakeholders and regulatory and supervisory authorities, where the Personal Data Management System established and operated can be audited and certified by accredited organizations.

Keywords: Personel Data, Information Security, ISO/IEC 27701 Standard, Personel Data Management System, PDMS

1. GİRİŞ

Günümüzde ülkeler, kuruluşlar ve bireyler sahip oldukları verinin güvenliğini sağlamak ve veriden katma değer yaratacak şekilde yararlanmak amacıyla çeşitli yöntemler kullanmaktadır. Veri işleme faaliyetlerinde büyük ölçüde bilgi teknolojilerinden yararlanılmakta ve veri yaşam döngüsü sürecinde bilgi teknolojilerine artan bağımlılık şüphesiz riskleri de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle bilgi teknolojileri kullanımından kaynaklanan riskleri ve risklerden doğacak tehditleri ortadan kaldırmak veya asgari düzeye indirmek güvenlik temelli yaklaşımlara yönelimi artırmaktadır. Bununla birlikte, ulusal ve uluslararası alanda gerçekleştirilen birçok regülasyon; veri transferinde güvenli ülke statüsünün belirlenmesi, çok uluslu şirketlerin veri işleme süreçlerinin yönetilmesi, bireylerin en temel hakkı olan kişisel verilerinin korunması hakkını belirlemeye yönelik direktifler içermektedir.

Ülkemizde bu alana yönelik gerçekleştirilen düzenlemeler incelendiğinde 5237 sayılı Türk Ceza Kanunu'nda kişisel verilerin kaydedilmesi fiili ele alınmış, Anayasa'da ise 2010 yılında yapılan değişiklik ile kişisel verilerin özel hayatın gizliliği ve korunması kapsamında güvence altına alınması ve kişisel verilerin korunmasına yönelik detaylı düzenlemelerin kanun ile yapılması gerekliliği vurgulanmıştır (Kişisel Verilerin Korunmasına Yönelik Uygulama Rehberi, 2019). Bu çerçevede,

TBMM tarafından 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (Kanun) kabul edilerek 7 Nisan 2016 tarihinde yayımlanmıştır (Kişisel Verilerin Korunmasına Yönelik Uygulama Rehberi, 2019).

Uluslararası düzenlemeler incelendiğinde, Avrupa Konseyi kapsamında yapılan düzenlemelerde 108 No'lu Kişisel Verilerin Otomatik İşleme Tabi Tutulması Karşısında Bireylerin Korunması Sözleşmesi, 181 No'lu Kişisel Verilerin Otomatik İşleme Tabi Tutulması Karşısında Bireylerin Korunması Sözleşmesi'ne Ek Denetleyici Makamlar ve Sınıraşan Veri Akışına İlişkin Protokol; Avrupa Birliği kapsamında yapılan düzenlemelerde ise 95/46/EC Sayılı Kişisel Verilerin İşlenmesi ve Serbest Dolaşımı Bakımından Bireylerin Korunmasına İlişkin Avrupa Parlamentosu ve Avrupa Konseyi Direktifi, 2016/679 Avrupa Birliği Genel Veri Koruma Tüzüğü (GDPR) bulunmaktadır (Kişisel Verilerin Korunması Alanında Uluslararası ve Ulusal Düzenlemeler).

Ulusal düzenlemeler göz önünde bulundurulduğunda özellikle Kanun ve bu kapsamda gerçekleştirilen ikincil düzenlemeler kurum, kuruluş ve işletmelere önemli yükümlülükler getirmektedir. Bu yükümlülüklerden biri Kanun'un 12 nci maddesinin birinci fıkrasında yer alan ve verim sorumlusuna verilen

"*Kişisel verilerin muhafazasını sağlamak amacıyla uygun güvenlik düzeyini temin etmeye yönelik gerekli her türlü teknik ve idari tedbirleri almak zorundadır.*"

hükmüdür. Bahsi geçen hükmün uygulanıp uygulanmadığı noktasında Kişisel Verileri Koruma Kurumu (Kurum), herhangi bir denetleme mekanizması kurmamıştır. İlgili kişilerden gelen şikâyetler veya kapsam dâhilindeki tüzel kişilerin veri ihlal bildirimleri ilgili hükmün takibini gerçekleştirmekte kullanılan bir yöntemdir (Kişisel Verileri Koruma Kurumu). Bununla birlikte kapsam dâhilindeki tüzel kişilere ilgili idari ve teknik tedbirlerin uygulanması konusunda yol gösterici olması maksadıyla Kişisel Veri Güvenliği Rehberi (Rehber) yayımlamıştır. Yayımlanan Rehber çerçevesinde yer alan idari tedbirler; mevcut risklerin belirlenmesi ve risklerden kaynaklanacak tehditlerin önlenmesi, farkındalık eğitimlerinin verilmesi, kişisel veri işleme faaliyetlerine yönelik politikaların belirlenmesi, veri sorumlusu ve veri işleyen arasındaki ilişkinin yönetilmesidir (Kişisel Verileri Koruma Kurumu, 2018).

Rehber çerçevesinde ele alınan teknik tedbirler ise bilgi güvenliğini sağlamaya yönelik kontrollerin uygulanması, özellikle kişisel veri içeren ortamların güvenliğinin sağlanması, kişisel verilerin bulut sistemlerde depolanması ve sistem geliştirme, tedarik ve bakım kapsamındaki süreçlerin yönetimidir (Kişisel Verileri Koruma Kurumu, 2018).

Rehber kapsamında yer alan idari ve teknik tedbirlerin uygulandığı konusunda makul güvence sağlayacak mekanizmaların tesis edilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu gerekliliğin karşılanmasında ilk adım; kuruluşlarda ISO/IEC 27001 uyumlu Bilgi Güvenliği Yönetim Sistemi'nin (BGYS) kurulması ve ISO/IEC 27001 referans kontrollerinin uygulama aşamasında ISO/IEC 27002 Uygulama Prensiplerinin yol gösterici olarak kullanılması olabilir. İkinci adım ise BGYS'ye özellikle işlenen kişisel verilerin mahremiyetini sağlamak amacıyla ek gereksinimler sunan ISO/IEC 27701 Standardı (Standart) ile uyumlu Kişisel Veri Yönetim Sistemi'nin (KVYS) kurulumu olabilir. Dolayısıyla kuruluşlar bünyesinde işletilecek BGYS ve KVYS hem kişilere hem de Kurum'a bu alanda güvence sunmuş olacaktır.

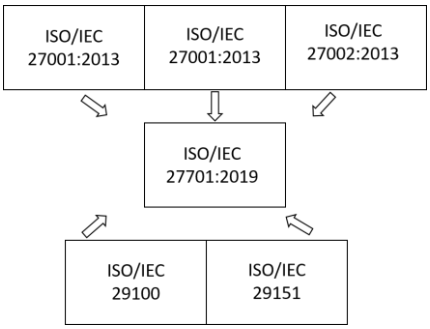
2. ISO/IEC 27701 STANDARDI

Günümüzde birçok kuruluş kişisel veri işleme faaliyetinde bulunmaktadır. İşlenen kişisel veri miktarının artması, niteliğinin değişkenlik göstermesi, çok uluslu kuruluşların kişisel veri işleme faaliyetinin bir parçası olan veri aktarımını gerçekleştirmesi gibi hususlar kişisel veri işleme süreçlerinde mahremiyetin korunmasını ihtiyaç haline getirmiştir.

Bu bağlamda, Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) ve Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) kişisel veri mahremiyetinin sağlanması hususunda ISO/IEC 27701 Güvenlik teknikleri — Kişisel verilerin yönetimi için ISO/IEC 27001 ve ISO/IEC 27002 standartlarına yapılan eklemeler — Gereklilikler ve kılavuz adı altında referans alınacak yeni bir standart oluşturmuştur. Oluşturulan standart, kuruluşların kişisel veri mahremiyetine ilişkin yükümlülüklerini yerine getirme konusundaki ihtiyacını karşılamayı amaçlamaktadır.

Kişisel verinin korunmasına ilişkin gereklilikler ve kılavuz bilgiler, özellikle ulusal yasalar ve/veya düzenlemelerin mevcut olduğu yerlerde, kuruluş bağlamına göre değişkenlik göstermektedir. Ancak ISO/IEC 27701 Standardı (Standart) kişisel veri sorumluları (ortak kişisel veri sorumlusu olanlar dâhil) veya kişisel veri işleyenler (kişisel veri işleyenleri alt yüklenici olarak çalıştıranlar ve kişisel veri işleyenler için alt yüklenici olarak kişisel veri işleyenler dâhil) tarafından kullanılabilecek şekilde tasarlanmıştır (ISO/IEC 27701, 2019). Standartta yer alan gereklilikleri yerine getiren kuruluşlar kişisel veri işleme sürecini nasıl yönettikleri ve ne tür kontroller uyguladıkları yönünde güvence elde etmiş olurlar. Standart rehber bir doküman özelliği taşımakta ve belirli ISO standartları ile ilişkisi bulunmaktadır. Aşağıdaki şekilde Standart'ın diğer standartlarla olan ilişkisine yer verilmektedir.

Şekil 1. ISO/IEC 27701'in Diğer ISO Standartları ile İlişkisi



Şekil 1'den de anlaşılacağı üzere Standart'ta yer alan gereksinimler birçok ISO standardında yer alan gereksinimlerle eşleşmektedir. Standart içeriğinde diğer standartlarla eşleşen ve genişletilmesi gereken konulara yer verilmiştir.

Standart'a özgü KVYS kurulum sürecindeki temel gereksinimler ISO/IEC 27001 ve ISO/IEC 27002 standartlarına uyum faaliyetlerini kapsamaktadır.

Standart, bilgi güvenliğine ek olarak, kişisel verinin işlenmesinden potansiyel olarak etkilenebilecek kişisel veri sahiplerinin mahremiyetinin korunmasını dikkate almak amacıyla ISO/IEC 27001:2013 gerekliliklerini genişletir. Standart, BGYS kapsamında kişisel veri işleyen veri sorumluları ve/veya veri işleyen konumunda olan özel şirketler, kamu kurumları dâhil olmak üzere tüm kuruluşlar için geçerlidir (ISO, 2020).

Standardın temel yaklaşımı; kişisel verinin gizliğini yönetmek, kişisel verilerin güvenliğini sağlamaya yönelik sistemin oluşturulması ve sürekli olarak iyileştirilmesini sağlamaktır. Böylece işlenen kişisel veriler üzerindeki olası risklerin azaltılması ve verilerin mahremiyetinin korunması hedeflenmektedir.

Standart'ın İngilizce versiyonu Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından 16.12.2019 tarihinde kabul edilerek yayımlanmış ve 2020 yılında Türkçeleştirme çalışmaları tamamlanmıştır (TSE, 2020). Standart içeriğinde yer alan başlıklara aşağıda yer verilmiştir.

- ISO/IEC 27001 ile ilgili KVYS'ye özgü gereklilikler
- ISO/IEC 27002 ile ilgili KVYS'ye özel kılavuz bilgiler
- Kişisel veri sorumluları için ek ISO/IEC 27002 kılavuz bilgileri
- Veri işleyenler için ek ISO/IEC 27002 kılavuz bilgileri

- Ek A – KVYS'ye özel referans kontrol hedefleri ve kontrolleri (kişisel veri sorumluları için)
- Ek B – KVYS'ye özgü referans kontrol hedefleri ve kontrolleri (kişisel veri işleyenler için)
- Ek C – ISO/IEC 29100 ile eşleştirme
- Ek D – GDPR ile Eşleştirme
- Ek E – ISO/IEC 27018 ve ISO/IEC 29151 ile Eşleştirme
- Ek F – ISO/IEC 27701'in ISO/IEC 27001 ve ISO/IEC 27002'ye uygulanma şekli

Standart içeriğindeki başlıkları; bilgi güvenliği (ISO 27001, ISO 27002, ISO 27018), mahremiyet (ISO 29100, ISO 29151), veri korumaya yönelik yasal düzenlemeler (GDPR) altında sınıflandırmak mümkündür.

Standart içeriğinde yer alan GDPR gereklilikleri özellikle çok uluslu kuruluşlar için kılavuz olabilecek niteliktedir. Aynı zamanda 6698 sayılı Kanun ve ikincil düzenlemelerde yer alan birçok hükmün yerine getirilmesinde de yol göstericidir. Böylece, ISO/IEC 27701 kapsamında gerçekleştirilen uyum faaliyetleri kuruluşun yürürlükteki kişisel veri mevzuatına karşı hesap verebilirliğini ve aynı zamanda tüm paydaşlara güvence sağlayacak bir kişisel veri yönetim sistemi kurulduğuna dair güvence sağlar.

3. KVYS KURULUMUNDA TEMEL SÜREÇLER

ISO/IEC 27001 standardı bireyleri, süreçleri ve teknolojiyi kapsayan risk temelli bir yaklaşım olan BGYS işletimi için gereksinimleri belirlemektedir. ISO/IEC 27002 ise kuruluşlara BGYS uygulanması sürecinde yaygın olarak kabul edilen bilgi güvenliği kontrolleri için kılavuzluk etmektedir (ISO). Akredite edilmiş bağımsız denetim kuruluşları ise BGYS kurulum ve işletim faaliyetlerinin bahsi geçen standartlara uyumunu denetleyerek kuruluşları yönetim sistemlerinin gerekliliklerini sağlayıp sağlamadığına yönelik olarak sertifikalandırmaktadır. ISO/IEC 27701'in ilişki olduğu standartlar ve rehber standart olma özelliği dikkate alındığında kuruluşlar Kişisel Veri Yönetim Sistemi kurma çalışmalarında öncelikli olarak BGYS kurulum ve işletim faaliyetlerini yerine getirip getirmediklerini sorgulamalıdır. BGYS kurulum ve işletim faaliyetlerini yerine getiren kuruluşlar ek olarak ISO/IEC 27701 gereklilikleri uygulamalıdır. Eğer kuruluşta hali hazırda işletilen bir BGYS yok ise ISO/IEC 27701 gereklilikleri ve BGYS kurulum faaliyetleri eş zamanlı olarak yürütülebilir. Aşağıda yer alan Tablo 1'de KVYS kurulum sürecinde BGYS'ye hangi alanlarda ilave gereksinimler gerektiği yer almaktadır (ISO/IEC 27701, 2019).

Tablo 1. ISO/IEC 27001:2013'te Verilen Kontrollerin Uygulanması İçin KVYS'ye Özgü Gereklilikler

ISO/IEC 27001:2013'teki Madde	**Başlık**	**ISO/IEC 27701'deki Madde**	**Ek Gereklilik Durumu**
4	Kuruluşun Bağlamı	5.2	Ek gereklilikler
5	Liderlik	5.3	KVYS'ye özgü gereklilik yok
6	Planlama	5.4	Ek gereklilikler
7	Destek	5.5	KVYS'ye özgü gereklilik yok
8	İşletim	5.6	KVYS'ye özgü gereklilik yok
9	Performans değerlendirme	5.7	KVYS'ye özgü gereklilik yok
10	İyileştirme	5.8	KVYS'ye özgü gereklilik yok

Tablo 1 değerlendirildiğinde "Kuruluşun Bağlamı" ve "Planlama" aşamasında ek gerekliliklere ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Kuruluşun bağlamı aşamasındaki ek gereksinimlerde:

Kuruluş kendi rolünü veri sorumlusu (ortak veri sorumluları dâhil) ve/veya veri işleyen konumunda olup olmadığını da değerlendirerek tanımlamalıdır.

Kuruluş iç ve dış hususlarda kişisel verilerle ilgili yasal düzenlemeleri, yargı kararlarını, idari kararları ve sözleşmelerden doğan gereksinimleri ortaya koymalıdır.

Kuruluş, KVYS kapsamına kişisel veri işleme faaliyetlerini dâhil etmelidir.

Planlama aşamasındaki ek gereksinimlerde ise kuruluş:

Kişisel veri işleme ile ilişkili riskleri tanımlamak için mahremiyet unsuru özelinde risk değerlendirmesi yapmalıdır. Risk analizi ve yönetimi sürecinde bilgi güvenliği ve kişisel verinin mahremiyeti arasındaki ilişkiyi uygun şekilde yönetmelidir.

Olası riskleri değerlendirirken hem kuruluşu hem de ilgili kişileri göz önünde bulundurmalıdır.

ISO/IEC 27001 standardında yer alan EK-A Referans Kontrol Amaçları ve Kontrollere ilave olarak ISO/IEC 27701 standardının EK – A ve EK – B kontrol hedefleri; risk değerlendirme çalışmaları, yasal düzenlemeler ve sözleşmelerden doğan gereksinimler göz önünde bulundurularak uygun düştüğü ölçüde KVYS'de uygulanmalıdır.

KVYS kurulum sürecinde ISO/IEC 27002'de yer verilen uygulama prensiplerine de ilave gereksinim ihtiyacı bulunmaktadır. Hangi alanlarda ilave gereksinime ihtiyaç duyulduğuna Tablo 2'de yer verilmiştir (ISO/IEC 27701, 2019).

Tablo 2. ISO/IEC 27002:2013'te Verilen Kontrollerin Uygulanması İçin KVYS'ye Özgü Gereklilikler

ISO/IEC 27002:2013'teki Madde	**Başlık**	**TS ISO/IEC 27701'deki Madde**	**Açıklamalar**
5	Bilgi güvenliği politikaları	6.2	Ek kılavuz bilgiler
6	Bilgi güvenliğinin organizasyonu	6.3	Ek kılavuz bilgiler
7	İnsan kaynakları güvenliği	6.4	Ek kılavuz bilgiler
8	Varlık yönetimi	6.5	Ek kılavuz bilgiler
9	Erişim kontrolü	6.6	Ek kılavuz bilgiler
10	Kriptografi	6.7	Ek kılavuz bilgiler
11	Fiziksel ve çevresel güvenlik	6.8	Ek kılavuz bilgiler
12	İşletim güvenliği	6.9	Ek kılavuz bilgiler
13	Haberleşme güvenliği	6.10	Ek kılavuz bilgiler
14	Sistem edinimi, geliştirme ve bakımı	6.11	Ek kılavuz bilgiler
15	Tedarikçi ilişkileri	6.12	Ek kılavuz bilgiler
16	Bilgi güvenliği ihlal olayı yönetimi	6.13	Ek kılavuz bilgiler
17	İş sürekliliği yönetiminin bilgi güvenliği hususları	6.14	KVYS'ye özgü gereklilik yok
18	Uygunluk	6.15	Ek kılavuz bilgiler

Tablo 1 ve Tablo 2'deki ilave gereksinimler incelendiğinde KVYS kurulumunda BGYS standartlarının gerekliliklerine ek olarak, kişisel verinin işlenmesinden potansiyel olarak etkilenen kişisel veri sahiplerinin mahremiyetini sağlayacak şekilde genişletilmeye gidildiği görülmektedir. Dolayısıyla ISO/IEC 27001 veya ISO/IEC 27002'de "bilgi güvenliği" ifadesinin kullanıldığı yerlerde KVYS kurulumu için "bilgi güvenliği ve mahremiyet" ifadesi geçerli olacaktır.

Kuruluşlar KVYS kurulum sürecinde mevcut bilgi güvenliği faaliyetlerini göz önünde bulundurarak aşağıda yer alan iki durumdan herhangi birini gözeterek ilerlemelidir.

- ISO/IEC 27701 standardında atıf yapılan diğer standartların gerekliliklerinin kuruluşun bağlamına uygun düştüğü ölçüde karşılanması ve ISO/IEC 27701'de yer alan kılavuz bilgilerin bu gerekliliklere entegre edilerek uygulanması
- Mevcutta işletilen BGYS var ise kuruluşun bağlamı ve planlama aşamasının yeniden ele alınması, ISO/IEC 27002'ye ilave ek gereksinimler ile ISO/IEC 27701 EK – A ve EK – B kontrol hedeflerinin uygun düştüğü ölçüde uygulanması

4. SONUÇ

İş süreçlerini ve operasyonel faaliyetlerini daha etkin bir şekilde yürütmeyi ve genişletmeyi planlayan kuruluşlar için dijital dönüşüm kaçınılmaz bir gerçektir. Dijital dönüşümün hızla yaşandığı günümüzde veriden üretilen bilginin miktarı ve değeri de artış göstermektedir. Kuruluşlar, doğrudan ilgi alanlarını hedefleyen başarılı reklamlar aracılığıyla müşterilerine son derece kişiselleştirilmiş ürünler ve hizmetler sunabilmektedir (Lachapelle vd., 2020). Ancak, müşteri verilerini kullanan kuruluşlar çoğunlukla siber saldırıların odak noktası olmaktadır. Bu nedenle, veriden elde edilen değeri yönetmenin yanında veri ihlallerinin ve kaybının yaşanması durumunda oluşacak maddi kayıplara, itibar kayıplarına, yasal yükümlülüklerden doğan idari ve cezai yaptırımlara yönelik güvenlik gereksinimlerinin karşılanması önem arz etmektedir.

Ulusal ve uluslararası alanda bilgi güvenliğinin sağlanması amacıyla geliştirilen iyi uygulama örnekleri son yıllarda özellikle kişisel verilerin korunmasına yönelik kontrollere ayrıca odaklanmaktadır. Bu alanda bir odak noktasının oluşmasının başlıca sebebi ise ülkeler nezdinde kişisel verilerin korunmasına yönelik gerçekleştirilen regülasyonlardır. Regülasyonlarla birlikte uluslararası veri aktarımı, gerekli idari ve teknik tedbirlerin alınması, regülasyonlar kapsamında yerine getirilmesi gereken hükümler kuruluşları, bilgi güvenliği konusunda yaptıkları çalışmaları gözden

geçirmeleri ve bu konuyu kişisel verisi işlenen ilgili kişiler ve diğer paydaşların beklentilerini de göz önünde bulundurarak veri mahremiyeti esaslı güvenlik çözümleri geliştirmeye ve kullanmaya yöneltmiştir. Uluslararası standart örgütleri de kişisel verinin mahremiyeti kapsamında standart ve yönetim sistemleri geliştirme çalışmalarını sürdürmektedir.

Bu çerçevede kuruluşların kişisel veri sahiplerine, paydaşlarına, düzenleyi ve denetleyici otoritelere kişisel verilerin güvenliğinin sağlanması hususunda makul güvence sunmaları önem arz etmektedir. Dolayısıyla uluslararası kabul görmüş ve kişisel verilerin mahremiyetini sağlamak üzere geliştirilmiş rehber bir standart kapsamında KVYS kurulması ve bunun akredite olmuş bağımsız denetim kuruluşları tarafından belgelendirilmesi kişisel verilerin güvenliği ile ilgili sunulacak hesap verilebilirlik ve güvence hususundaki boşluğu doldurmaktadır. Ulusal düzenlemeler göz önünde bulundurulduğunda 6698 sayılı Kanun kapsamında yer alan tüzel kişilerin Kanun'unun gerekliliklerini tam olarak karşılayıp karşılamadığı konusunda etkin bir kontrol mekanizması bulunmadığı ve ISO/IEC 27701 uyumlu KVYS kurulum ve belgelendirme sürecinin bu alanda oluşan boşluğu gidereceği düşünülmektedir. Böylece kuruluşlar paydaşları ile olan ilişkilerinde hesap verilebilirliği, güveni, şeffaflığı sağlayacak kişisel veri ihlallerine yönelik riskleri azaltacak ve ilgili yasal düzenlemelere uyumu sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

ISO. (2020). ISO/IEC 27701:2019 Security techniques — Extension to ISO/IEC 27001 and ISO/IEC 27002 for privacy information management — Requirements and guidelines. https://www.iso.org/standard/71670.html adresinden alındı

TSE. (2020). TS EN ISO/IEC 27002:2017.

ISO. (2020). ISO/IEC 27701:2019.

Kişisel Verileri Koruma Kurumu. (2018). Kişisel Veri Güvenliği Rehberi. https://www.kvkk.gov.tr/SharedFolderServer/CMSFiles/7512d0d4-f345-41cb-bc5b-8d5cf125e3a1.pdf adresinden alındı

Kişisel Verileri Koruma Kurumu. KVKK Şikayet Modülü. https://kvkk.gov.tr/SharedFolderServer/CMSFiles/1624cbad-5ea1-4d73-85194a4835eebdb3.pdf adresinden alındı

Kişisel Verileri Koruma Kurumu. Kişisel Verilerin Korunması Alanında Uluslararası ve Ulusal Düzenlemeler. https://www.kvkk.gov.tr/SharedFolderServer/CMSFiles/ead8e671-e01e-4ca7-a6a3-bc3c6f79f7c7.pdf adresinden alındı

Kişisel Verileri Koruma Kurumu. Kişisel Verilerin Korunmasına Yönelik Uygulama Rehberi. (2019, Aralık). https://www.kvkk.gov.tr/SharedFolderServer/CMSFiles/41784a70-2bac-4e4a-830f-35c628468646.PDF adresinden alındı

Kişisel Verileri Koruma Kurumu. Anasayal Bir Hak Olarak Kişisel Verilerin Korunmasını İsteme Hakkı. https://kvkk.gov.tr/yayinlar/ANAYASAL%20B%C4%B0R%20HAK%20OLARAK%20K%C4%B0%C5%9E%C4%B0SEL%20VER%C4%B0LER%C4%B0N%20KORUNMASINI%20%C4%B0STEME%20HAKKI.pdf

Lachapelle, E., ALIU, F., & MJEKU, G. (2020, 05 27). The Future of Privacy with ISO/IEC 27701. PECB.

TSE. (2020). Türk Standartları Enstitüsü Standart Detayı. https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055048065082077055103076076056084103118110100122076043076114106082047068053101055112110103057115115103116055069085083053085107108083114082077098100112081069043100114 10 adresinden alındı

EĞİTİM SEKTÖRÜ İÇİN BLOK ZİNCİR UYGULAMALARI

İlya KUŞ
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Esra N. YOLAÇAN
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

ÖZET: Teknolojide büyük etki yaratan ve dördüncü sanayi devriminin bir parçası olan blok zinciri son zamanlarda dikkat çekici bir hızla eğitim, enerji, tarım, sağlık gibi birçok sektörde etkisini arttırmaktadır. Blok zinciri, dağıtık mimarisi ve zincir şeklinde doğrulama özelliği ile verilerin güvenliğini sağlayan bir teknoloji olmasının yanında dijital para birimlerinin de temelini oluşturmaktadır. Blok zincir teknolojisinin eğitim alanında kullanılmasıyla birlikte ders içeriklerinin, sertifikaların, transkriptlerin ve diplomaların sadece kağıt üzerinde olduğu bir sistem yerine bu belgelerin dijital platformlara da taşınması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, verilerin değiştirilmediğini doğrulayarak belgelerin sahteciliğini önleyen, ayrıca verilerin yetkisiz kişiler tarafından kopyalanmasını, çoğaltılmasını veya kaybolmasını engelleyerek kişisel hakları koruyan uygulamalar geliştirilmiştir. Kullanıcılara da verilen yetkiler sayesinde doğrulama ve belge gönderme gibi çeşitli işlemlerin üçüncü bir kuruma gerek duyulmadan yapılması da bir diğer amaçlanan durumdur. İşlemlerin bu şekilde dijital bir platformda olması hem zaman hem de maliyet açısından da avantaj sağlamaktadır. Bu çalışmada, blok zinciri teknolojisinin eğitim sektöründeki etkisiyle birlikte Türkiye'de ve dünyada gerçekleştirilen uygulamaların kullanımları incelenmiş ve karşılaştırılması yapılmıştır. İncelenen uygulama örneklerinin yanı sıra blok zincir teknolojisinin avantajları ve dezavantajlarının da incelenmesiyle getirilen yenilikler ve sektörlere etkisi gibi konular üzerinde de durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Blok zincir, eğitim, bilgi güvenliği, dijital sertifikalar

Blockchain Applications For the Education Sector

ABSTRACT: Blockchain, which has made a great impact in technology and is a part of the fourth industrial revolution, has recently increased its influence in many sectors such as education, energy, agriculture and health.

Blockchain is a technology that ensures the security of data with its distributed architecture and chain verification, as well as the basis of digital currencies. With the use of blockchain technology in the field of education, it is aimed to transfer these documents to digital platforms instead of a system where course contents, certificates, transcripts and diplomas are only on paper. In this context, applications have been developed that prevent the forgery of documents by verifying that the data has not been changed, and also protect personal rights by preventing the copying, reproduction or loss of data by unauthorized persons. Another purpose is to carry out various transactions such as verification and document sending without the need for a third verifying institution with the authorization given to the users. Having such transactions on a digital platform provides advantages in terms of both time and cost. In this study, besides the effect of blockchain in the education sector, the uses of the applications have been examined and compared both in Turkey and in the World. In addition to the application examples examined, the advantages and disadvantages of blockchain technology were also examined, and the issues such as innovations and their impact on the sectors were also discussed.

Keywords: Blockchain, education, information security, digital certificates

1. GİRİŞ

Blok zinciri kavramı 2008'de yayınlanan Bitcoin (Nakamoto, 2008) makalesi ile ortaya çıkmış ve günümüzde veri güvenliği için kullanılan güncel teknolojilerden biri haline gelmiştir. Verinin transfer güvenliğini sağlayan bu kavram genel anlamda tek tek işlemlerin birbirine eklenmesi şeklinde ifade edilmektedir. Blok zinciri tüm bu işlemlerin kayıtlarının tutulduğu dağıtık bir veritabanıdır (Tanrıverdi vd., 2019). Aynı zamanda verilerin güvenli bir şekilde yönetilmesini, transfer edilmesini ve depolanmasını da sağlayan bir yapıdır. Bu teknoloji Bitcoin'in yani daha genel anlamda ifade edilirse, şifreli para biriminin temelini de oluşturmuştur.

Günümüzde birçok eğitim kurumunun yüz yüze ve uzaktan eğitim olarak çeşitli eğitim programları bulunmaktadır. Akademik hayat süresince bu eğitim programlarının sonunda alınan belgelerin katılımcılar için hayat boyu erişilebilirliğinin olması önemli bir noktadır. Bunun yanı sıra ülkemizde göç durumlarının olması sonucu göçmen olan kişiler bulundukları ülkelerde eğitimlerinin olduğuna dair belgelerini belli durumlar için gereken kurumlara bildirmek zorundadırlar. Kurumlara sunulan bu belgelerin de kurumlarca doğrulanması gerekmektedir. Ayrıca gerektiği zamanlarda bir ülkeden diğerine para transfer işlemlerinin de gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu gibi durumlarda blok zinciri iki taraf arasındaki güvenilirliği göz

önünde bulundurarak bir üçüncü tarafa ihtiyaç duymamaktadır. Blok zinciri, kriptografik kanıtlar çerçevesinde bütün bu sorunlara cevap olması açısından da ortaya çıkarılan önemli bir teknolojidir.

Hayatımıza giren bu teknolojinin eğitim sektöründe kullanılmasıyla sürdürülebilir çözümler de kişilere sunulmuştur. Kullanıcılar ve kurumlar konumları fark etmeksizin gerektiği zamanlarda sertifikalara, transkriptlere, diplomalara yani akademik kariyerleri boyunca aldıkları bütün başarı belgelerine erişimleri sürekli olmuştur ve bu dokümanları da istenilen zamanda üçüncül bir merkezi kurum olmadan doğrulayabilme işlemleri yapılmıştır. Gerçekleştirilen bu işlemler sayesinde güvenilir doğrulama ile paydaşlar arasında güvenilirlik en üst seviyede olmuştur. Eğitim sektörü için uygulamalarda bu şekilde blok zincir teknolojisinin kullanımının önemli faydası ise sertifikaların, diplomaların ve transkriptlerin kağıt üzerinde olacağı bir sistemden çıkarılıp bu belgelerin hepsinin blok zinciri üzerinden dijital bir ortamda verilmesinin sağlanmasıdır. Ayrıca öğrenciler bu teknolojiyle eğitim süresince aldığı belgeleri kendileri saklayabilmekte, istediği kişilerle iş görüşmesi ve kişisel gereklilik için istediği zamanda paylaşabilmektedir.

Blok zincirinin verileri dağıtılmış düğüm (node) ağındaki binlerce aygıtta tutulduğu için sistemdeki verilerin kötü niyetli saldırganlara ve teknik arızalara karşı oldukça dayanıklı olan bir yapısı da bulunmaktadır. Her bir düğüm sistem veritabanını kendi bünyesinde saklayabildiği için bir düğüm çevrimdışı olsa dahi bu durum sistemi olumsuz etkileyecek bir faktör olmamaktadır. Blok zincirin dağıtılmış bir veritabanının olması bu avantajı sağlamaktadır (Academy, 2020). Ayrıca bir verinin blok zincire kaydedilmesinden sonra değiştirilemez ve silinemez olması, dijital imza ve şifreleme olmasından dolayı güvenilir olması, akıllı sözleşmeler sayesinde bazı işlemlerin otomatikleştirilmesi, herhangi bir aracı biri veya sistem olmadan işlemlerin gerçekleştirilmesiyle ek maliyetin olmaması ve maliyetin düşürülmesiyle işlemlerin hızlı gerçekleştirilmesi gibi avantajları da bulunmaktadır. En dikkat çekici noktası ise merkezi üçüncül bir sunucuda tutulmayan verilerin siber saldırılara karşı koruma sağlanmasının bu teknolojinin eğitim sektörüne kazandırdığı önemli bir nitelik olmasıdır.

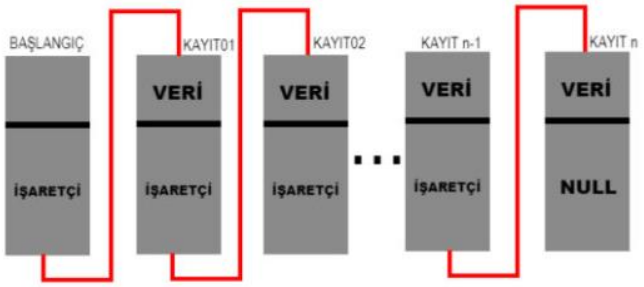
Zaman içerisinde bu şekilde gelişme gösteren blok zinciri, günümüzde birçok probleme çözüm sağlıyor olsa da bazı sorunları beraberinde getirmiştir (Steiu, 2020). Bu sorunlardan ilki ölçeklenebilme problemidir. Blok zincirdeki verilerin hepsi ayrı ayrı düğümlerde tutulmaktadır. Her bir işlem sonucunda da bu düğümlerdeki verilerin tutarlılığı sağlanmalıdır. Örneğin bitcoin blok zinciri platformu 4 saniyede işlemini yaparken, Ethereum blok zinciri işlemini 12 saniyede yapmaktadır. Bu durum

sonucu geleneksel veri tabanına göre performans açısından zayıf olduğunu göstermektedir. Bir diğer sorun ise çok pahalı bilgisayar sistemlerine ve çok fazla enerji tüketimine ihtiyaç duyulmasıdır. Erişimin herkese açık olması yani verilerin şeffaflığının olması ise kötü niyetli saldırılara karşı sistemi savunmasız duruma sokması ve kişilerin mahremiyetine zarar vermesi de diğer sorunlardandır. Blok zincirinin kayıt defterlerinin zamanla boyutlarının artmasıyla depolama alanlarında sıkıntılar oluşması diğer bir dezavantajıdır.

Bu çalışmada, blok zinciri teknolojisinin sahip olduğu birçok avantajın yanında dezavantajlarına da yer verilerek eğitim sektöründeki etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda, Türkiye'de ve dünyada gerçekleştirilen uygulamalar incelenerek bu teknolojinin kullanım alanları, sunduğu çözümler ve eğitim sektörüne sağlamış olduğu faydalar değerlendirilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde blok zincirinin temel özellikleri ve getirdiği yeniliklere yer verilmiştir. Üçüncü bölümünde, literatürdeki uygulama örnekleri belirlenen kategoriler altında incelenmiştir. Dördüncü bölümünde, eğitim sektöründe blok zincir kullanılmasının sağladığı faydalar ile Türkiye ve Dünyada gerçekleştirilen uygulamalardan bahsedilmiştir. Beşinci bölümünde gerçekleştirilen uygulamalarda ortaya çıkan zorluklar ve sınırlamalar açıklanmıştır. Son olarak altıncı bölümünde ise uygulama sonucunda edinilen bilgiler doğrultusunda farkındalığın ne derece arttırılacağı ile ilgili bir analiz yapılarak araştırma sonlandırılmıştır.

2. BLOK ZİNCİR YAPISI VE ÖZELLİKLERİ

Zaman içerisinde kullanımı artan blok zincirinin bağlı liste yapısının özelleştirilmiş hali olması ve her bir listenin elemanının kendinden sonraki elemanı bir işaretçi ile işaret ettiği bilinmektedir. Bahsedildiği gibi bu durum listenin başlangıcından sonuna kadar birbirine bağlı bir zincir oluşturmaktadır. Şekil 1'de ki blok zincirin veri yapısındaki her blok sadece ondan sonra gelen bloğu işaret etmemektedir. Aynı zamanda ondan önceki bloğun özet (hash) değerini de bünyesinde bulundurmaktadır (Ünsal ve Kocaoğlu, 2018). Bu şekilde bu zincirdeki bir blok değiştirilmek istenildiğinde özet işaretçi yapısı bu duruma müsaade etmez, çünkü yeni bloğun özet değeri, yeni bloğun işaretçisi olan özet işaretçisinin işaret ettiği veriden faklı olacaktır. Bu şekilde blokların değiştirilmesine engel olunması durumu blok zincirin en önemli özelliği olan güvenli bir yapının ortaya çıkmasını sağlamıştır.



Şekil 1.Blok Zincir Veri Yapısı (Yıldız, 2018)

Blok zinciri teknolojisinin diğer özellikleri ise şu şekildedir (Durgay ve Karaaslan, 2018);

- Uçtan uça iletişimin (P2P) üçüncül bir merkez ihtiyacı olmadan ağ üzerinden işlemlerin gerçekleştirilmesi,
- Ağ üzerinde bulunan paydaşların tüm işlemleri görmelerinin imkanlar dahilinde olmasından dolayı şeffaf bir yapıya sahip olması,
- Dağıtık veritabanı sayesinde sitemleri dış etkenlerden koruması,
- Gerçekleştirilen işlemlerin birden fazla düğüm tarafından onaylanma işleminin olması,
- Konsensüs protokollerinin kullanılmasıyla kayıt defterinde gerçekleştirilecek olan değişiklerin kimin tarafından yapılabileceğinin belirlenmesi,
- Üçüncül bir sistemin olmamasından dolayı işlemlerin hızlı gerçekleştirilmesi ve maliyetin az olması,
- Ağın enerji tüketiminin verimlilik ve işlem mekanizmaları yardımı ile azaltılabilmesidir.

Blok zincir teknolojisinin getirdiği yenilikler; doğrulama sistemleri, akıllı kontratlar, ticari işlemler, Ripple labs, internet ağları, blok zincir tabanlı kimlik verme ve oylama işlemleridir. Blok zinciri teknolojisinin en önemli kullanım alanları da Bitcoin ve kripto paralar olmuştur. Finans endüstrisinde para transferleri, ödeme işlemleri, takas yönetimi, dijital kimlik yönetimi, doğrulama ve doküman yönetimi şeklinde sıralanabilirken kamu sektöründe oylama, akıllı kontratlar, dijital kimlik veya pasaport, enerji dağıtımı, vergi sistemi ve sosyal güvenlik sistemleri şeklinde sıralanabilir.

3. UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Yeni ve sürekli gelişen bir teknoloji olmasına rağmen birçok farklı sektörde problemlere çözümler sunan blok zinciri, eğitim ve sertifikasyon alanlarında da çeşitli uygulamaya konu olmuştur. Eğitim sektöründe blok zincir uygulamalarının kullanıldığı alanlar on iki farklı kategoride incelenebilir. Bunlar, sertifika yönetimi, yeterlilik ve öğrenme çıktıları, öğrencilerin mesleki yeteneklerinin değerlendirilmesi, öğrenme nesnelerinin korunması, iş birliğine dayalı öğrenme ortamlarını sağlama, ücretler ve kredi transferleri, dijital vesayet izninin alınması, telif hakları yönetimi, yarışmaların yönetimi, e-öğrenmedeki etkileşimler, sınav incelenmesi ve yaşam boyu öğrenmeyi destekleme şeklinde sıralanabilir (Alammary vd., 2019). Bu bölümde bu kategorilerin ele alınmasıyla literatürde gerçekleştirilen çalışmalar incelenmiş ve Tablo 1'de gösterilmiştir.

İlk kategori olan sertifika yönetiminin en çok kullanılan kategori olduğu söylenebilir. Eğitim alanında çoğu araştırmacı uygulamalarında akademik kariyerleri boyunca öğrencilerin aldıkları belgelerin dijital bir platformda verilmesi konularını ele alarak çalışmalar yapmışlardır. Cheng vd. (2018) Güney Tayvan'da gerçekleştirdikleri çalışmayla blok zinciri ve dijital sertifikalar için akıllı sözleşme yapılmasını amaçlamışlardır. Gerçekleştirilen çalışmada eğitim süresinde öğrencilerin aldıkları transkriptler, diplomalar ve sertifikalar gibi birçok belge bulunmaktadır. Sahte belgelerin ayrımı için etkili bir yöntem olmamasından dolayı cazip olan belgede sahteciliğin yapılmasının önüne geçebilmek için dijital ortamda sertifikaların verilmesi önerilmiştir. Dijital ortamda sertifika verme prosedüründe ilk olarak veri tabanına sertifikanın veya belgenin dijital dosyası oluşturulmakta, bu oluşturma işlemi yapılırken elektronik dosya için özet değeri hesaplama işlemi yapılmaktadır. Sistem, bloklarda tutulan özet değerleri ile kağıt sertifikaya eklemek için QR kodu oluşturacaktır. Bu sayede telefondan veya başka araçtan bu oluşturulan sertifikanın gerçekliği sağlanacaktır. Kısaca, önerilen çalışmada Ethereum blok zincirine dayalı merkezi olmayan bir sistem geliştirilmiştir ve blok zincirin özelliklerinin entegre edilmesiyle de kağıttan tasarruf, belgede sahteciliği önleme, yönetim maliyetini düşürme ve dijital sertifikaların güvenilirliğini arttırma gibi amaçları bulunmaktadır. Bir diğer çalışmada (Palma vd., 2019) ise Brezilya'daki araştırmacıların ülkedeki diploma ve sertifikaların verilmesi işleminin tamamen bilgisayarsız bir ortamda gerçekleştirilmesinin getirdiği sorunlara çözüm bulunması amaçlanmıştır. Yükseköğrenim kaydının blok zinciri ile akıllı sözleşmeler üzerinde yapılarak işçilikten tasarruf ve sahteciliklerin önüne geçme gibi kazanımlar elde edilmiştir. Akademik kayıtların depolanması, yönetilmesi ve güvenliği için önerilen sistem aynı zamanda deprem, sel veya diğer

doğal afetler sonucunda bu kayıtlara erişilmesi ve kullanımının devamlılığı sağlanmıştır. Araştırmacılar dereceli sertifikalar vermek için farklı blok zincir tabanlı çözümler önermişler ve akıllı sözleşmelerde Solidity dili ile Ethereum ağlarından yararlanmışlardır. Önerilen yöntem ile tüm elektronik belgelerin ve parmak izlerinin bloklarda tutulması ve bu sayede değiştirilememesinden dolayı belgelerde sahteciliğin mümkün olmaması sağlanmıştır.

İkinci kategoride ise yeterlilik ve öğrenme çıktıları üzerinde yapılan araştırmalar bulunmaktadır. Öğrenme süresinde hedefleri iyileştirmek ve eğitimdeki yetkinlere ulaşabilmek adına araştırmacıların öğrencilerin performanslarının nitel ve nicel olarak değerlendirilebilmesi için blok zincir kullanımıyla uygulamalar ortaya çıkarılmıştır. Farah vd. (2018) tarafından sunulan çalışmada, öğrencilerin gerçekleştirdikleri etkinlikleri ve kişisel performanslarının incelenmesi için bir sistem tasarlanmıştır. Çalışmada tasarlanan sistemde kontrollerin sağlanmasıyla ne zaman, kimin, nasıl şekilde verileri paylaştığı üzerine bilgiler gözükmektedir. Aynı zamanda, sisteme blokların eklenmesi ve öğrenme blokları sayesinde kendi kendini tanımlayan bir yapı ortaya çıkarılmıştır. Yapılan uygulama sayesinde sonuç olarak öğrencilerin kendi kendilerine yeterlilik elde etmeleri sağlanmıştır.

Üçüncü kategori olan öğrencilerin mesleki yeteneklerinin değerlendirilmesi konusunda diğer iki kategoriye göre daha az çalışma yapılsa da bazı uygulamalar etkili sonuçlar elde etmiştir. Çin'deki Tongji Üniversitesi'nde blok zincirine dayalı eğitim ve sanayi işbirliği için bir sistem üzerinde uygulamalar gerçekleştirilmiştir (Liu vd., 2019). Söz konusu makalede sertifika işlemlerini Hyperledger ile kullanan bu sistem eğitim kurumlarının ve şirketlerin sistemdeki yerini simüle edip bilgilerin ve belgelerin şeffaf bir şekilde aktarımının sağlanmasıyla bu sistemin kullanımı yaygınlaştırılmıştır. İncelenen çalışmada eğitim ve endüstri, blok zinciri teknolojisini bir köprü olarak kullanarak bu sistemle birlikte işe alımların ve endüstrideki diğer tüm gerekli bilgilerin paylaşılması ve kullanılmasını sağlamaktadır. Blok zincir kullanılmasının amacı öğrenci kredi bilgisi, eksik olan geçmiş eğitim bilgileri ve az veri boyutunun olması işe alım sırasında şirketler ve eğitim kurumları arasında güvensizliği ortaya çıkarmaktadır. Böylece bu sistem ile birlikte işveren ve eğitim kurumları arasındaki şeffaf bir şekilde yeni yollar önerilmiştir.

Dördüncü kategori ise öğrenme nesnelerinin korunması için blok zincir uygulamasının kullanılmasının önemini gösteren bir diğer kategoridir. Sychov ve Chirtsov (2018), elektronik eğitim ortamından ortaya çıkan bir öğrenme nesneleri bankası geliştirmişlerdir. Önerilen çalışmada öğrenme nesneleri için kullanılan algoritmalar

ve bunlardan oluşan ağlar üzerinde durulmuştur. Kaynakların fazla olmasından dolayı güvenliklerin sağlanması için yapılan bu uygulamayla temel bilimsel kaynakların korunması amacıyla blok zincir teknolojisi kullanılmıştır.

İşbirliğine dayalı öğrenme ortamlarını sağlama konularını ele alan beşinci kategori ise temelde öğrenme ortamlarının iyileştirilmesi üzerinde durulmuştur. Öğrenciler, öğretim üyeleri ve kurumlardaki diğer yetkililer işbirliği çerçevesinde ortamda bulunmaktadır. Ortaya çıkan bu durumun blok zincirin kullanılmasıyla önemine değinilen çalışmada (Bdiwi vd., 2018), öğrenme sürecinin işbirliğine dayalı olarak sürdürülmesiyle öğrenme alanlarında öğrencilerin kendi aralarında, öğretim üyeleriyle veya istihdam edildikleri şirketlerindeki diğer yetkililerle aralarındaki iletişimin sağlanması amaçlanmıştır. Gerçekleştirilen çalışmada blok zincir teknolojisinin kullanılmasıyla U-öğrenme adlı bir sistem tasarlamışlardır. Yapılan bu sistem verimli iletişimin oluşması için multimedya sistemine sahip bir yapı olmasından dolayı amaçlanan durum gerçekleştirilmiştir.

Altıncı kategoride ücretler ve kredi transferlerinin dijital ortam üzerinden gerçekleştirilmesine yönelik uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen uygulamalardan birine değinecek olursak; (Turkanović vd., 2018) Slovenya'da yapılan çalışmada kredi transfer sisteminin (ECTS) blok zincir teknolojisi yardımıyla nasıl yapılacağı araştırması incelenmiştir.. Çalışmada açık kaynaklı ARK blok zincirin altyapısı kullanılarak öğrenim kayıtlarının kaydedilmesine dayanan bir sistemde genel anlamda herhangi bir dil engeli veya herhangi bir yönetim zaafı olmadan çalışılmıştır. Sunulan prototipe göre, öğrenciler tamamladıkları dersleri/kursları şeffaf bir şekilde kullanabilirken, bir taraftan da öğrenciler tarafından tanımlanan bilgileri doğrudan doğrulayabilen sistemler mevcuttur. Dağıtılmış P2P ağ sistemine dayanan bu sistem, bir öğrencinin kredi ataması işlemi için basitleştiren, verimli ve her yerde bulunan bir çözüm için tüm yükseköğretim enstitülerini birleştirilmesiyle beraber ortaya çıkabilecek olan dil ve idari engelleri ortadan kaldıran bir sistem önerilmiştir.

Dijital vesayet izni alınmasını içeren yedinci kategoride ise ebeveynlerin onaylaması gereken dokümanların dijital ortama taşınması üzerine uygulamalar yapılmıştır. Bu şekilde dijital ortama taşınan belgeler sayesinde de kişilerin ve kurumların arasında güven problemi ortadan kalkmıştır. Gilda ve Mehrotra (2018) bir devlet okulunun izin alma işlemleri için her seferinde kağıt üzerindeki formlarda kişilerin imzalamalarını gerektirmeyecek bir sistem tasarlamışlardır. Kağıt üzerinde imzaların kimin tarafından atıldığı konusu hep bir güvenlik açığı olarak kaldığından bu konunun ele alınması ve dijital ortamda çözüm sağlanması hedeflenmiştir. Bu şekilde Hyperledger Fabric ve Hyperledger Composer kullanılmasıyla erişimin kontrolünü ve

gizliliği garanti eden iç içe geçen bir yapı önerilmiştir. Sonuç olarak ele alınan bu konular sayesinde başarılı bir uygulama ortaya çıkmıştır.

Sekizinci kategori ise telif hakları yönetimi konuları ile ilgili çalışmaları içermektedir. Bu konuları içeren çalışmalar daha çok sahiplik haklarının korunması üzerinde durmuştur. Araştırmacılar tarafından öğrencilerin ve diğer kullanıcıların öğrenme ihtiyaçlarının karşılanması için blok zincir kullanılması sayesinde merkezi bir sistem olmadan e-kitapların telif haklarının korunması için CHILO isimli bir sitem tasarlanmıştır (Hori vd., 2018). Yeni bir öğrenme sistemi olan CHILO telif hakları sorunları çözmekte ve bunun için sanal para birimi kullanmaktadır. Bu şekilde blok zincirin kullanılmasının bu alan içinde önemi gerçekleştirilen bu çalışmaya vurgulanmıştır.

Yarışmaların yönetimini içeren dokuzuncu kategoride de yarışmaların ve etkinliklerin arttırılması, sonuçların şeffaf bir şekilde gösterilmesi amaçlanmıştır. Bu konuları ele alan araştırmacılar (Wu ve Li, 2018) sundukları çalışma ile öğrencilerin mesleklerine göre bilgi ve uzmanlıklarının incelenmesi için bir sistem tasarlamışlardır. Bu sistem, e-ticaret operasyonu sanal alanına dayalı rekabet modeli olan bir sistemdir. Gerçekleştirilen çalışmayla öğrencilerin yetenekleri ölçülmekte ve değerlendirilmeye tabi tutulmaktadır.

Tablo 1: İncelenen Uygulamaların Karşılaştırılması

İncelenen Çalışma	Odaklanılan Alan	Uygulanan Blok Zincir Teknolojisi	Sağladığı Fayda
Cheng vd., 2018	Sertifika Yönetimi	Ethereum	Belgelerin dijital ortamda verilmesi
Farah vd., 2018	Yeterlilik ve Öğrenme Çıktıları	Ethereum	Kullanıcıların yeterliliklerinin incelenmesi
Palma vd., 2019	Sertifika Yönetimi	Ethereum	Sahte belgelerin tespit edilmesi
Liu vd., 2019	Öğrencilerin Mesleki Yeteneklerinin Değerlendirilmesi	Hyperledger	Eğitim kurumları ve işveren kurumları arasında güvenilirliği sağlama
Sychov ve Chirtsov, 2018	Öğrenme nesnelerinin korunması	- (Distiributed Ledger)	Temel bilimsel kaynakların korunması

Bdiwi vd., 2018	Öğrenme ortamlarını sağlama	- (Distiributed Ledger)	Eğitim kurumları ve istihdam şirketlerinin işbirliklerinin oluşması
Turkanović vd., 2018	Ücretler ve kredi transferleri	ARK Blok Zincir Platformu	Dil ve idari engellerden kaçınarak şeffaf ve teknolojik bir yüksek öğrenim sistemini oluşturulma
Gilda ve Mehrotra, 2018	Vesayet izinlerinin alınması	Hyperledger Fabric ve Hyperledger Composer	Üçüncül bir merkez olmadan ebeveynlerden izin alınması
Hori vd., 2018	Telif hakları yönetimi	Hyperledger Fabric	E-kitapların telif haklarının korunması
Wu ve Li., 2018	Yarışmaların yönetimi	- (Distiributed Ledger)	Öğrencilerin mevcut rekabet ve değerlendirilmelerinin güvenilir olması
Zhong vd., 2018	E-öğrenmedeki etkileşimler	Ethereum	Kullanıcı etkileşimleri, sistemin birlikte çalışabilirliği ve bilgi güvenliği kısıtlamalarının aşılması
Mitchell vd., 2019	Sınav İncelemesi	Hyperledger Fabric	Sınav kağıtlarının denetimlerinde güvenilirlik
Mikroyannidis vd., 2018	Yaşam boyu öğrenme	Ethereum	Yaşam boyu öğrenmede etkinlik ve verimliliğin gerçekleştirilmesi

E-öğrenmedeki etkileşimleri inceleyen onuncu kategori, öğrencilerin bu ortamlarındaki problemleri çözmek adına blok zincir teknolojisinin kullanıldığı çalışmaları içermektedir. Zhong vd. (2018) Tayvan'da kelime öğrenme sistemleri için bir blok zinciri modeli sunmuşlardır. Blok zincir ile e-öğrenme sistemlerindeki kullanıcıların birbirleriyle az etkileşimde olması ve sistemle birlikte çalışabilirlik gibi problemler üzerinde durulmuştur. Mevcut e-öğrenme zorlukları; bilgi güvenliği, çalışabilirlik ve kullanıcı etkileşimleridir. Bahsedilen bu zorlukları ele alarak blok zincir teknolojisi ile bir model sunulmuştur. Blok zincir teknolojisinin sanal para birimi ve akıllı sözleşmeleri gibi özellikleri sayesinde bu zorlukların üstesinden gelinmiştir. Çalışmada önerilen modele göre; bir öğrenci katıldığı bir etkinlikten ve konferanstan kredi kazanabilmekte ve o krediler de sanal para birimine dönüşmektedir. Bu sayede biriken sanal paralar yardımıyla ücretli veya şifreli dosyaların alınması sağlanmaktadır. Katılımın artması için bu tarz teşvik politikaları uygulanmaktadır. Uygulamada öğrenme kaynakları Ethereum blok zincirine dayalı P2P aracısı ile paylaşılmaktadır.

On birinci kategori, sınav incelemeleri konusunda araştırmacıların yaptıkları çalışmalardır. Bu konu çerçevesinde gerçekleştirilen çalışmalarda genel olarak yapılan sınav kağıtlarının denetlenmesi ve paylaşılması amaçlanmıştır. Bunun için güvenilir defterler kullanılmasıyla denetlemenin güvenliği en üst seviyede tutulmuştur. Mitchell vd. (2019) Londra'da sınavların tek tek gözden geçirilmemesi ve merkezi sistem olmadan bunun yapılabileceğini göstermesi için bir çalışma yapılmıştır. Gerçekleştirilen bu sistemde sınav kağıtlarının ve değerlendirilme şemalarının üretimi için uygulamaya koyulan, otomatik güvence mekanizması sağlayan bir yapı bulunmaktadır. Ayrıca kullanıcının düğümleri kontrol ettiği veriler, izin verilen blok zincirlerinde bulunan verilerdir. HyperLedger Fabric kullanılan çalışmada, sınav kağıtları gibi gizli bilgileri içeren bilgiler de göreve bağlı olmayan blok zincirlerinde bulunmaktadır.

On ikinci kategoride ise yaşam boyu öğrenme konularını içeren araştırma uygulamaları bulunmaktadır. Blok zincir teknolojisinin kullanılması ile eğitim süreci bitse dahi yaşam boyu öğrenmelerin devam etmesini sağladığı çalışmalar vardır. Mikroyannidis vd. (2018) tarafından gerçekleştirilen uygulamada blok zinciri teknolojisinin eğitim hizmetleri için çevrimiçi olarak nasıl kullanıldığını, işlemler için ne şekilde kayıtlar tutulacağı ve ödemelerin nasıl olacağı konuları ele alınmıştır. Araştırma ile yaşam boyu öğrenimin farklı yönleri araştırılmış, öğrencilerin öğrenme süreçlerinin ve bu konu ile ilgili verilerin merkezine yerleştiren bir ekosistem sunulmuştur. Sunulan model ile öğrencilerin öğrenme süreçlerinin yaşam boyu etkinliğinin ve verimliliğin olması amaçlanmıştır.

4. EĞİTİM SEKTÖRÜNDE BLOK ZİNCİR TEKNOLOJİSİNİN SAĞLADIĞI FAYDALAR

Eğitim sektöründe blok zinciri kullanımı ile hem öğrenciler hem de eğitim kurumları açısından birçok faydası olmuştur. Öğrencilerin kimlik ve eğitimleriyle ilgili veriler kendilerinin kontrol etme ve istediklerinde erişebilme haklarına sahip oldukları bir platformda tutulurken, enstitülerin bu belgeleri yönetme, global bir geçerlilik sağlama imkanının olmasının yanında hız ve güvenlik anlamında da katkılar sağlamıştır. Birçok özel sektör ve eğitim kurumu bu faydaların farkındalığında olduklarından kendi alanlarında blok zincir teknolojisini kullanan uygulamalar gerçekleştirmişlerdir. EduCTX, ODEM, BCDiploma, UNIC, Blockcerts, Bitdegree, Disciplina, EdChain, NTOK, Academy, EduCoin, LiveEdu, Experty, EdgeCoin KryptEd ve EUNICERT, sektörde bulunan bazı uygulamalardır (Takaoğlu vd., 2019, Steiu,

2020). Bu uygulamaların bazılarından bahsedecek olursak; EduCTX merkezi olmayan dağıtılmış blok zincir platformunda üyeleri ve kurumları birbirine bağlayarak sertifika yönetimini kolaylaştıran bir sistemdir. İşlem ücretinin olmadığı bu sistem ile öğrenciler eğitim süresince tamamladıkları AKTS numaralarını her yerden ve her zaman erişebilmekte, doğrulamasını yapabilmektedir. BlockCerts ise MIT Media Lab tarafından gerçekleştirilen bir projedir. Yapılan bu projede amaç dijital platformda olan kayıtların doğrulanabilmesi için global olan bir noter gücünden yaralanabilmektir. Uygulamada her türlü başarı, merkezi olmayan bir sistemde kalıcı olarak saklanmakta ve sertifikaların geçerliliği güvenilir bir şekilde doğrulanabilmektedir. Geliştirilen uygulamalar eğitimde daha etkili, ölçülebilir ve motive edici çözümler sunmayı hedeflerken aynı zamanda öğrencilere öğrenme, deneyim ve kişisel gelişim açısından da sürekliliğin sağlanmasında katkıda bulunmaktadır.

Türkiye'de blok zinciri teknolojisinin eğitimdeki önemini fark eden ve bu konuda çalışmalar yapan üniversiteler; Gebze Teknik Üniversitesi, Kadir Has Üniversitesi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul Gedik Üniversitesi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Konya Necmettin Erbakan Üniversitesi, Bahçeşehir Üniversitesi, Marmara Üniversitesi, Dokuz Eylül Üniversitesi ve Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi şeklinde sıralanabilir. Blok zincir teknolojisinin ülkemizdeki ilk araştırma merkezi Bahçeşehir Üniversitesinde kurulan BlockchainIST merkezidir (İlkbahar, 2019). Araştırma merkezindeki CertifyIST adlı projede öğrencilerin diplomalarının, transkriptlerinin ve sertifikalarının blok zincir ile depolanması amaçlanmıştır. Ek olarak üniversite, blok zincirin farkındalığı için bünyesinde bu teknolojiyi anlatan dersleri vermektedir. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi de kurdukları bir araştırma grubunun MSKU NetSecLab çalışmaları ile eğitimde sunumların gerçekleştirilmesini, danışmanlık hizmetlerinin verilmesini ve araştırmaların blok zincirle yapılmasını amaçlamıştır. Diğer bir çalışmayı ise Boğaziçi Üniversitesinin eBloc adlı çalışmasıdır. Gerçekleştirilen çalışmada Ethereum blok zincir altyapısı ile büyük verilerin toplanması IPFS dağıtılmış dosya sistemi ile yapılmıştır (eBloc, 2016). Uygulamanın amacı ise akademik ve araştırma etkinliklerinin eBloc ile gerçekleştirilmesidir. Yapılan diğer bir çalışma Marmara Üniversitesi tarafından ortaya çıkarılmıştır. Marmara Blockchain adlı topluluğun yaptığı bu çalışma ise kredi temelli para yatırma işlemlerinin gerçekleştirilmesi üzerinedir. Blok zinciri teknolojini eğitim sektöründe kullanılması için çalışmalar yapan diğer kulüp ve topluluklar; İstanbul Teknik Üniversitesi Blokchain kulübü, ODTÜ Bilgisayar Topluluğu, Yıldız Teknik Üniversitesi Mint Kulübü, PAÜ Siber kulübü şeklinde devam etmektedir.

Yapılan araştırmalar ve incelenen makaleler sonucunda blok zincirinin eğitime sağladığı birçok faydaların olduğu belirlenmiştir. Bu teknolojinin eğitime sağladığı

en büyük faydanın; verinin gizliliği ve bütünlüğünün korunmasının yanında, her zaman erişilebilir ve değiştirilemez bir yapı sağlaması ile güvenlik konusu olduğu görülmüştür. İkinci önemli faydası, bu teknolojinin kullanılmasıyla eğitimde ortaya çıkan uygulamaları kullanan öğrencilerin, verileri kimin ve nasıl bir şekilde erişebildiği konusunda kontrollerin sağlanması olmuştur. Diğer faydaları ise kullanıcıların hesapları üzerindeki şeffaflığın üst seviyelerde olması, sistemi kullanan paydaşlar arasındaki güveni ve iletişimi sağlamlaştırması, işlemlerle ve verilerin depolanmasıyla ilgili gereksiz maliyetlerden kaçınması, öğrencilerin değerlendirilme işlemlerinin olması, veri alışverişinin gerçekleştirilmesiyle öğrenci kayıtlarının yönetiminin iyileştirme durumlarının olması şeklinde sıralanabilir. Son olarak blok zincir teknolojisinin öğrencilerin kimliklerinin yanı sıra dijital sertifikalarının da doğrulanabilmesi yani kimlik doğrulama işlemlerinin olması da önemli faydalarının arasında sayılabilir. Bu şekilde erişiminde hızlı ve kolay olması bahsedilen teknolojinin kullanılmasının yaygınlaşabilmesini sağlayacaktır.

5. EĞİTİM UYGULAMALARINDA YAŞANAN ZORLUKLAR

Blok zincir teknolojisinin eğitim sektöründe kullanılmasının yararlarını görüp çeşitli konular üzerinde uygulanmasının yanı sıra dikkat edilmesi gereken çeşitli zorlukları da bulunmaktadır. Bu zorluklar ise aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Gelişmekte olan bir teknoloji olduğu için önceki sistemlere entegre edilmesi gerekmektedir. Bu alanda çalışan araştırmacıların üzerinde çalıştıkları problemin yanında mevcut sisteme entegre edilip uyumlu çalışabilmesi için gerekli olan işleri belirlemesi, deneyim kazanıp uygulamayı gerçekleştirmesi maliyetli ve zaman alan bir işlemdir.

- Kullanıcıların artmasıyla blok sayılarının artması, blok sayılarının artmasıyla verileri kontrol edebilmenin de zor olduğu durumlar ortaya çıkmaktadır. Gelişmekte olan ve uygulandığı probleme göre karmaşıklaşan blok zinciri teknolojisine ek karmaşıklık getiren bu durum hem zaman hem de kaynak maliyetini artırmaktadır.

- Sertifika doğrulama işlemleri için enstitülerin verilerini paylaşması gerekmektedir, fakat her enstitünün bu verileri paylaşabilecek bir alt yapısı bulunmamaktadır. Bu altyapı eksikliğinin en büyük nedenlerinden biri maliyet ile ilgili problemler olmakla birlikte, bu teknoloji üzerinden transfer edilebilecek veri miktarının öngörülememesi ve mevcut sistemlerin yavaş kalması da diğer bir problemdir.

- Önerilen uygulamalar ile yürütülmesi planlanan resmi işlemlerin, ülkelerin kanun ve yönetmeliklerine uygun olması gerekmektedir. Blok zinciri teknolojisinin

kullanıldığı çözümlerin ulusal bir platformda geçerliliğinin sağlanması için o ülke için geçerli olan gereksinimlere cevap vermesi, uygulamanın karmaşıklığını artırdığı gibi aynı zamanda global çözüm anlayışı ile ters düşmektedir.

- Eğitimde birçok öğrencinin ve akademisyenin üzerinden toplanan büyük miktarda veriler vardır. Blok boyut artışı olması da blok zincirlerdeki işlemlerin eşler arası doğruluğunun da hesaplanmasının çok fazla zaman kaybına yol açacağı bilinmektedir. Bu durum, uygulamanın yavaşlamasına ve istenen hedeften uzaklaşmasına sebep olduğu kadar aynı zamanda enerji israfına da neden olabilecektir.

- Gizliliği ve güvenlik konularından da ortaya çıkacak zorluklar bulunmaktadır. Herkesin ağ üzerinde bir işleme katılabileceği ve doğrulayabileceği, açık defter olan bu sistemde ilgili tarafların gizliliğinin açık anahtar altyapısı ile sağlandığı söylenmektedir. Fakat veriler işlem yapan taraflarca dijital olarak imzalansa da varsayılan olarak şifrelenmemektedir. Bu yüzden eğitim kurumlarının bazı protokoller kullanılarak daha güçlü gizlilik önlemleri alması gerekebilmektedir.

- Blok zinciri yeni ve gelişmekte olan bir teknoloji olması nedeniyle uygulandığı alanlarda başarısızlık görülmesi mümkündür. Her ne kadar eğitim sektöründe birçok çalışma yapılmış olsa da henüz keşfedilmemiş bir güvenlik açığı veya uygulama yanlışlığı bu alana yapılan yatırımın ve beklentilerin boşa gitmesine neden olabilir. Bu nedenle karşılaşılabilecek riskler belirlenerek gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

Araştırmamızın sonuçları, dünya çapında eğitim sektöründe blok zincir teknolojisinden faydalanmak için birçok çalışma olduğunu ancak aynı zamanda çözülmesi gereken problemlerin de olduğunu göstermiştir. Karşılaşılan zorluklara çözüm sağlayarak başarılı ve sürdürülebilir uygulamalar geliştirebilmek için bu sektördeki tüm tarafların iş birliği yaparak uzmanlık ve deneyimlerin paylaşılması, resmi prosedürlerin güncellenmesi, finansman sağlanması ve uygulayarak test etme imkanlarının sağlanması konularında destek vermesi gerekmektedir.

6. SONUÇ

Genellikle siber güvenlik ve gizlilik amacıyla kullanılan bir yapı olan blok zincirinde, veri güvenilirliği en önemli özelliklerinden biridir. Eğitim alanında gerçekleştirilen çalışmaların birçoğunda görüldüğü gibi ağırlıklı olarak kişisel bilgileri saklamak veya çalınmaya müsait olan verilerin haklarını korumak amaçlanmıştır. Günümüzde eğitim alanında evrak sahteciliği çok kritik etkilere sebep olabileceği için verinin güvenilirliği çok büyük bir öneme sahiptir. Bu çalışmada ise eğitim uygulamalarında dördüncü sanayi devriminin bir parçası olan blok zincir teknolojisinin

bahsedilen güvenlik konuları ele alınarak kullanılmasıyla ilgili bir araştırma yapılmıştır. Öncelikle blok zincirin ne olduğu tanımlandıktan sonra avantajları ve dezavantajlarından bahsedilmiştir. Literatürdeki çalışmalar, eğitim sektörü için belirlenen kategoriler altında incelenmiş ve bu sektörde kullanılan blok zincirinin odaklandığı problemleri, yenilikleri ve genel çerçevesi hakkında bilgiler verilmiştir. Geleceğin teknolojisi olma yolunda ilerleyen blok zinciri günümüzde eğitim alanında yeni yeni tanındığı için hayata geçen çok fazla uygulama olmamasına rağmen, yapılan araştırmalar ve sunulan prototipler sayesinde ilerleyen zamanlarda bu sektör için blok zincir ile kullanımı sonucunda daha birçok yenilik getirilebileceği değerlendirilmiştir.

KAYNAKLAR

Alammary, A., Alhazmi, S., Almasri, M., & Gillani, S. (2019). Blockchain-based applications in education: A systematic review, Riyadh.

Bdiwi, R., De Runz, C., Faiz, S., & Cherif, A. A. (2018, July). A blockchain based decentralized platform for ubiquitous learning environment. In 2018 IEEE 18th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), IEEE, Mumbai, India.

Binance ACADEMY (2020), "Blockchain Avantajları ve Dezavantajları", https://academy.binance.com/tr/articles/positives-and-negatives-of-blockchain, 17.11.2020.

Cheng, J. C., Lee, N. Y., Chi, C., & Chen, Y. H. (2018, April). Blockchain and smart contract for digital certificate, Chiba, Japonya.

Durğay, Z., & Karaarslan, E. (2018). Blokzinciri Teknolojisinin E-Devlet Uygulamalarında Kullanımı: Ön İnceleme, Karabük.

Ebloc. (2016). "E-Bloc, E-Bilim Blok Zinciri Altyapısı", http://ebloc.cmpe.boun.edu.tr/, 17.11.2020

Farah, J. C., Vozniuk, A., Rodríguez-Triana, M. J., & Gillet, D. (2018, July). A blueprint for a blockchain-based architecture to power a distributed network of tamper-evident learning trace repositories. In 2018 IEEE 18th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), IEEE, Mumbai, India.

Gilda, S., & Mehrotra, M. (2018, January). Blockchain for Student Data Privacy and Consent. In 2018 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI), IEEE, India.

Hori, M., Ono, S., Miyashita, K., Kobayashi, S., Miyahara, H., Kita, T., & Yamaji, K. (2018, March). Learning System based on Decentralized Learning Model using Blockchain and SNS, Japan.

İlkbahar, Recep. (2019). "Türkiye'deki Üniversiteler ve Blok Zinciri", https://medium.com/@recepilkbahar/t%C3%BCrkiyedeki-%C3%BCniversiteler-ve-blokzincir-7f96b8ddd7ba, 17.11.2020

Liu, Q., Guan, Q., Yang, X., Zhu, H., Green, G., & Yin, S. (2018, August). Education-industry cooperative system based on blockchain. In 2018 1st IEEE International Conference on Hot Information-Centric Networking (HotICN), IEEE, China

Mitchell, I., Hara, S., & Sheriff, M. (2019, January). dAppER: Decentralised Application for Examination Review, London, England.

Mikroyannidis, A., Domingue, J., Bachler, M., & Quick, K. (2018, June). A Learner-Centred Approach for Lifelong Learning Powered by the Blockchain Amsterdam.

Nakamoto, S. (2008). "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System". www.bitcoin.org

Palma, L. M., Vigil, M. A., Pereira, F. L., & Martina, J. E. (2019). Blockchain and smart contracts for higher education registry in Brazil, Brazil.

Sychov, S., & Chirtsov, A. (2018). Towards developing the Unified Bank of learning objects for Electronic Educational Environment and its Protection. In Proc. of the 2018 Workshop on PhD Software Engineering Education: Challenges, Trends, and Programs, St. Petersburg, Russia.

Steiu, M.-F. (2020). Blockchain in education: Opportunities, applications, and challenges. First Monday, 25(9).

Takaoğlu, M., Çağdaş, Özer & Parlak, E. (2019). "Blokzinciri Teknolojisi ve Türkiye'deki Muhtemel Uygulanma Alanları". Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 1(2), 260-295

Tanrıverdi, M., Uysal, M., & Üstündağ, M. T. (2019). "Blokzinciri Teknolojisi Nedir? Ne Değildir?: Alanyazın İncelemesi". Bilişim Teknolojileri Dergisi, 12(3), 203-217.

Turkanović, M., Hölbl, M., Košič, K., Heričko, M., & Kamišalić, A. (2018). EduCTX: A blockchain-based higher education credit platform, Slovenian.

Ünsal, E., & Kocaoğlu, Ö. (2018). "Blok zinciri teknolojisi: Kullanım alanları, açık noktaları ve gelecek beklentileri". Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (13), 54-64.

Wu, B., & Li, Y. (2018, October). Design of evaluation system for digital education operational skill competition based on blockchain, China.

Yıldız, Ali Osman. (2018). "Blok Zincri Teknolojisi", https://aliosmanyildiz.com/digerleri/blok-zinciri-teknolojisi-blockchain/, 15.11.2020

Zhong, J., Xie, H., Zou, D., & Chui, D. K. (2018, November). A blockchain model for word-learning systems, Kaohsiung, Taiwan.

VERİ MADENCİLİĞİ BİRLİKTELİK KURALLARI İLE İŞLETMELERDE STOK YÖNETİMİ

Zeynep YURTTAŞ ELABIAD
International Road Fedaration

Metin ZONTUL
İstanbul Arel Üniversitesi

Volkan DEMIR
Caretta Software R&D Center

ÖZET: İşletmelerde, ürün sevkiyat ve satış verilerini içeren pek çok veri tabanı mevcuttur. Bu veriler üzerinde veri madenciliği birliktelik kuralları algoritmaları kullanılarak sepet analizi yapılmaktadır. Bu algoritmalardan en yaygın olarak kullanılanlarından birisi Apriori algoritmasıdır. Sepet analizi ile müşterilerin satın alma davranışları tespit edilerek satın alma kuralları elde edilmekte ve böylece müşterilere uygun promosyonlar yapılarak satışların artırılması amaçlanmaktadır. Birliktelik kurallarının diğer bir kullanımı stok yönetimidir. Birlikte sıklıkla sevk edilen, satılan ya da servis işlemlerinde kullanılan ürün ya da parçaların birlikte depolanması ile etkin bir stok yönetimi yapmak mümkündür. Bu çalışmada, bir araç servisinde kullanılan araç parçaları üzerinde R dilinde Apriori kütüphaneleri kullanılarak birliktelik kuralları elde edilmiştir. Kuralların oluşturulmasında destek (support), güven (confidence) ve lift parametreleri dikkate alınarak kuralların sağlıklı olması sağlanmıştır. Bu kuralların stok yönetiminde kullanılması ile işletme verimliliğinin artırılabileceği vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Veri Madenciliği, Birliktelik Kuralları, Apriori, R, Stok Yönetimi

Stock Management in Businesses with Data Mining Association Rules

ABSTRACT: There are many databases that contain product shipment and sales data in business organizations. Basket analysis is performed on these data using data mining association rules algorithms. One of the most widely used of these algorithms is the Apriori algorithm. With basket analysis, the purchasing behavior of the customers is determined and the purchasing rules

are obtained. Thus, it is aimed to increase sales by making suitable promotions for customers. Another use of association rules is stock management. By storing products or spare-parts that are frequently shipped, sold, or used in vehicle maintenance together, it is possible to make effective stock management. In this study, association rules were obtained by using Apriori libraries in R language on vehicle spare-parts used in vehicle maintenance. While creating the rules, the support, confidence, and lift parameters were taken into consideration to make the rules reliable. It is emphasized that by using these rules in stock management, business efficiency can be increased.

Keywords: Data Mining, Association Rules, Apriori, R, Stock Management

1. Giriş

İşletmelerde, ürün sevkiyat ve satış verilerini içeren pek çok veri tabanı mevcuttur. Bu veriler üzerinde veri madenciliği birliktelik kuralları algoritmaları kullanılarak sepet analizi yapılmaktadır. Bu algoritmalardan en yaygın olarak kullanılanlarından birisi Apriori algoritmasıdır. Sepet analizi ile müşterilerin satın alma davranışları tespit edilerek satın alma kuralları elde edilmekte ve böylece müşterilere uygun promosyonlar yapılarak satışların artırılması amaçlanmaktadır. Birliktelik kurallarının diğer bir kullanımı stok yönetimidir. Birlikte sıklıkla sevk edilen, satılan ya da servis işlemlerinde kullanılan ürün ya da parçaların birlikte depolanması ile etkin bir stok yönetimi yapmak mümkündür.

Literatürde Apriori algoritması ve birliktelik kurallarının işletmelerde kullanımı ile ilgili birçok çalışma mevcuttur.

Bodon (2003) Apriori algoritmasını hızlandırmak için öncelikle teorik ve deneysel bir analiz gerçekleştirmiştir. Çalışmada hem kullanılan veri yapılarına hem de uygulama ayrıntılarına odaklanılarak çalışma süresi ve ihtiyaç duyulan bellek miktarı açısından verimlilik sağlandığı belirtilmektedir.

Sepet analizinin birliktelik kuralları ile yapıldığı bir çalışmada (Ünvan;2020), Vancouver Island Üniversitesi web sitesinden alınan herhangi bir süpermarketin satış verileri kullanılmıştır. Veriler, 225 farklı ürünü içeren bir veri seti kullanılarak Weka programında Apriori ve FP-Growth sırasıyla denenmiştir. Veri seti kategorik olduğu için Apriori algoritması herhangi bir sonuç vermemiştir. Bu nedenle FP Growth algoritması kullanılmış ve “conviction” değerine göre ilk 10 kural verilmiştir. Müşterilerin satın alma davranışlarını analiz ederek satış değerlerinin artırabileceği belirtilmektedir.

Lesage ve ark. (2020), araç sigortası için, acentelerin ek bir teminata abone olma olasılığı en yüksek olan müşterileri seçerek satışları artırma performanslarını optimize etmelerine olanak tanıyan bir öneri sistemi oluşturmuştur. Bu tavsiye sisteminin orijinalliği, sigorta bağlamına uygun olmasıdır. Çevrimiçi platformlar (örneğin, e-ticaret, videolar) için tasarlanan geleneksel öneri sistemleri, büyük veri kümeleri üzerine inşa edilirken ve bir sonraki en iyi teklifi önermeyi amaçlasa da sigorta ürünleri farklı bir yaklaşım gerektirmektedir. Önerilen sistem, XGBoost algoritmasını ve Apriori algoritmasını birleştirerek sırasıyla hangi müşterinin önerileceğini ve hangi ürünün önerileceğini seçmektedir. Yaklaşım, benzer ek satış kampanyaları için standart sonuçlardan daha iyi performans gösterdiğini gösteren yaklaşık 150 öneriden oluşan bir pilot uygulama ile test edilmiştir.

Kuo and Shih (2007), Taiwan Ulusal Sağlık Sigortası Araştırma Veritabanını üzerinde birliktelik kurallarını bulabilmek için çok boyutlu kısıtlamaları dikkate alarak karınca kolonisi sezgisel algoritmasını kullanmışlardır. Önerilen yöntemin Apriori yöntemine göre daha hassas kurallar sağladığı ve hesaplama süresinin de azaldığı ifade edilmektedir.

Başka bir çalışmada, More ve ark. (2014) hayat sigortası ile ilgilenen müşterilere poliçe önermek için Apriori algoritması ile birliktelik kurallarını çıkarmışlardır. Bir müşteriye bir poliçe önermek için, mevcut poliçe sahipleri hakkındaki bilgiler dikkate alınmıştır. Bu çalışma, aynı zamanda "Matrise Dayalı Geliştirilmiş Bir Apriori Algoritması" performansını analiz etmektedir.

Ülkemizde yapılan bir çalışmada (DOĞAN ve ark.; 2014), Türkiye'de faaliyet gösteren sektöründe öncü bir sigorta şirketinin müşterilerine ait veriler veri madenciliğinin en çok kullanılan birliktelik kuralı algoritmalarından Apriori algoritması ile analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda müşterilerin daha çok hangi ürün gruplarını bir arada almayı tercih ettiği ortaya çıkmaktadır. Müşteri ilişkileri yönetimi açısından, birliktelik kuralı analiz sonuçlarından faydalanılarak daha etkin sonuç verecek satış kampanyası ve pazarlama stratejisi geliştirmek mümkün olduğu ifade edilmektedir.

Bala (2008) yaptığı bir çalışmada satın alma bağımlılığı kavramı altında pozitif ve negatif bağımlılık kavramları ile stok yönetimi alanında farklı bir bakış açısı vermektedir. Oluşturulan model görsel bir şekilde sunularak satın alma bağımlılığının stok yöneticilerinin dikkati çekilmektedir.

Birliktelik Kurallarının bir kural veri tabanına dönüştürülmesi için "data driven" bir kural motoru kullanılabilir. Vojíř yaptığı bir çalışmada, birliktelik kurallarını

"Drool engine" kurallarına dönüştürmeyi önermektedir. Böylece, kuralların depolanması ve kurallar üzerinden çıkarımlar yapılması kolaylaşmaktadır.

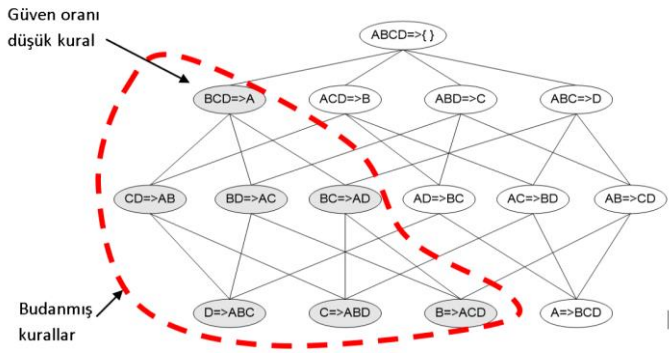
Bu çalışmada, bir oto servisinde araç bakımları sırasında kullanılan parçalar üzerinde Apriori algoritması ile birliktelik analizi yapılarak kurallar elde edilmiştir. Bu kurallar üzerinden hangi ürün ve parçaların birlikte depolanması gerektiğine vurgu yapılmaktadır.

2. Apriori Algoritması

Agrawal ve Srikant tarafından 1993 yılında geliştirilen Apriori algoritması ismini, sık geçen öğe kümelerin ön bilgisini kullanmasından almakta olup (Chen vd., 2006) birliktelik kuralı algoritmaları içinde en fazla bilinen ve uygulanan algoritmadır (Agrawal vd., 1993).

Herhangi bir olayın meydana gelme durumunu, diğer olayların meydana gelme olasılığına bakarak tahmin eden Apriori algoritmasına göre, k-öğe kümesi minimum destek kriterini sağlıyorsa, bu kümenin alt kümeleri de minimum destek kriterini sağlar. k-öğe küme (k-itemset), içinde k adet öğe bulunan kümedir. Sık geçen öğe kümelerini bulmak için öncelikle olarak minimum destek kriterini sağlayan sık geçen öğe kümesi bulunur (Özseven ve Düğenci, 2011).

Apriori algoritması, ilk olarak tek elemanlı ve minimum destek sağlayan en sık geçen öğeyi bulur. Tekrarlayan aramalarda, destek değerleri tarama esnasında hesaplanan aday kümelerinden minimum destek ölçütü sağlayan kümeler sık geçen öğe kümeleri olur. Bu süreç yeni bir sık geçen öğe kümesi bulunamayana kadar devam eder (Erkan vd., 2005). Şekil 1.'de güven desteği düşük olan kuralların veri tabanından silinmesi gösterilmiştir (Tan, Steinbach,Kumar, 2006).



Şekil 1. Güven Oranı Düşük Kuralların Budanması

Genellikle sepet analizinde kullanılan Apriori algoritmasında en yaygın olarak kullanılan kural ölçütleri destek (Support) ve güven (Confidence) ve Lift'dir (Elabiad;2013).

A ve B, birbirinden farklı birer öğe küme olsun. Buna göre;

Güven ölçütü, A ürün grubunu alan müşterilerin B ürün grubunu da alma olasılığını ortaya koyar.

$$güven(A \circledR B) = \frac{sayı(A, B)}{sayı(A)}$$

Destek ölçütü, bir ilişkinin tüm alışverişler içinde hangi oranda tekrarlandığını gösterir.

$$destek(A \circledR B) = \frac{sayı(A, B)}{N}$$

Lift ölçütü, A ve B değerinin bağımsız olması durumunda ne sıklıkla birlikte geçtiklerini göstermektedir.

$$Lift(A \rightarrow B) = \frac{güven(A \rightarrow B)}{destek(B)}$$

Kurallar oluşturulurken destek (eşik) ve güven (eşik) değerleri kullanılır. Kuralların Destek ve güven değerleri eşik değerlerden yüksek olan kurallar güçlü kurallar olarak ifade edilir.

3. R programlama Dili ile Birliktelik Kuralları

Bu bölümde Apriori algoritması kullanılarak R programlama dilinde geliştirilen uygulamaların detayları verilmiştir. Uygulama, bir araç servisinde kullanılan araç parçaları üzerinde R dilinde Apriori kütüphaneleri kullanılarak birliktelik kuralları elde edilmesiyle oluşturulmuştur. Şekil 1'de verilen Araç Servis Verisinde görüldüğü üzere her bir iş emri için bir veya birden fazla ürün adı bulunmaktadır. Bu ürünler o servis için kullanılan yedek parçaları ifade etmektedir.

X	WorkOrderID	ProductName
37936	589874296	KLIPS
37218	589874297	HAVA FILTRESI
14489	589874297	POLEN FILTRESI
26236	589874297	YAG FILTRESI
38193	589874297	YAG TAPASI CONTASI

Şekil 2. Araç Servis Verisi

Şekil 2'de gösterilen ham verinin işlenebilmesi için verinin iş emirlerine göre (sepetlere göre) gruplanması gerekmektedir. Şekil 3'te gruplanmış olan veriye örnek verilmiştir.

aggdata	list [24292]	List of length 24292
589874296	character [1]	'KLIPS'
589874297	character [4]	'POLEN FILTRESI' 'YAG FILTRESI' 'HAVA FILTRESI' 'YAG TAPASI CONTASI'
589874300	character [2]	'ORGANIK ANTIFRIZ 3 LT' 'YAG TAPASI CONTASI'
589874301	character [1]	'KLIPS'
589874302	character [3]	'YAG FILTRESI' 'POLEN FILTRESI' 'YAG TAPASI CONTASI'

Şekil 3. İş Emrine Göre Ürünlerin Gruplandırılması

Bu iş emri verilerini işlem sınıfının bir nesnesine yüklemek gerekmektedir. Bu, R paketlerinden *arules*'un read.transactions işlevi kullanılarak yapılmıştır.

Name	Type	Value
tr	S4 [24292 x 12] (arules::transactic	S4 object of class transactions
data	S4 [12 x 24292] (Matrix::ngCMatr	S4 object of class ngCMatrix
i	integer [81179]	4 3 7 8 10 6 ...
p	integer [24293]	0 1 5 7 8 11 ...
Dim	integer [2]	12 24292
Dimnames	list [2]	List of length 2
factors	list [0]	List of length 0
itemInfo	list [12 x 1] (S3: data.frame)	A data.frame with 12 rows and 1 column
labels	character [12]	'ARKA FREN BALATASI' 'CAM SUYU 1 LT(YAZLIK)' 'CAM SUYU KISLIK 1 LT' 'HAVA FILTRE ...
itemsetInfo	list [24292 x 1] (S3: data.frame)	A data.frame with 24292 rows and 1 column
transactionID	character [24292]	'589874296' '589874297' '589874300' '589874301' '589874302' '589874304' ...

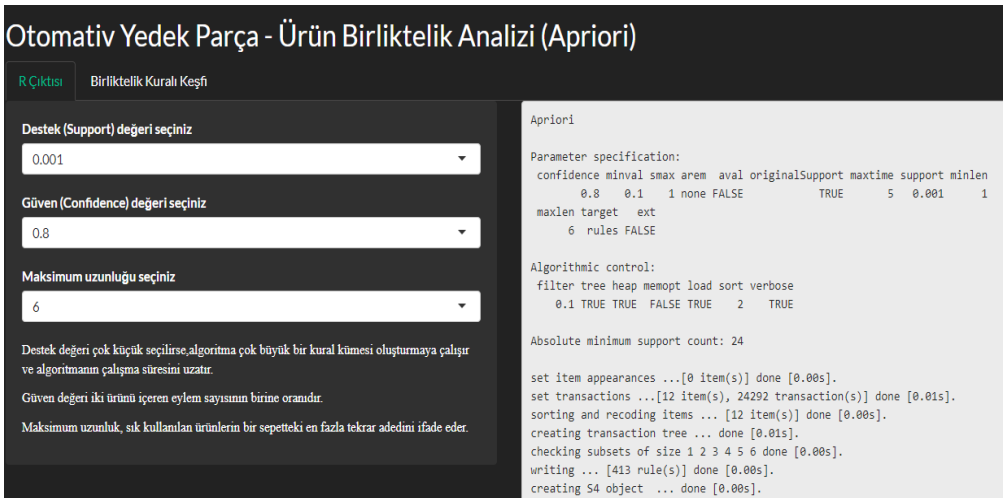
Şekil 4. İş Emri Versinin İşlemlere (Transactions) Dönüştürülmesi

Verinin hazırlık aşaması tamamlandıktan sonra apriori algoritması ve bu algoritmanın ilgili parametreleri kullanılarak kural setleri oluşturulmuştur. Şekil 5'te algoritmanın uygulaması gösterilmiştir. Burada verilen parametreleri değerleri statik olup son kullanıcın bu parametreleri istediği gibi değiştirip daha güçlü kurallar veya daha güçsüz fakat uzun listeli kurallar elde edebileceği dinamik bir web uygulaması ayrıca geliştirilmiştir. Bu web uygulaması yine R ailesinden Shiny ile geliştirilmiş olup Şekil 6'te gösterilmiştir.

```
tr<-as(aggdata,"transactions")
rules <- apriori(tr, parameter = list(supp= 0.1, conf=0.6,maxlen=6))
```

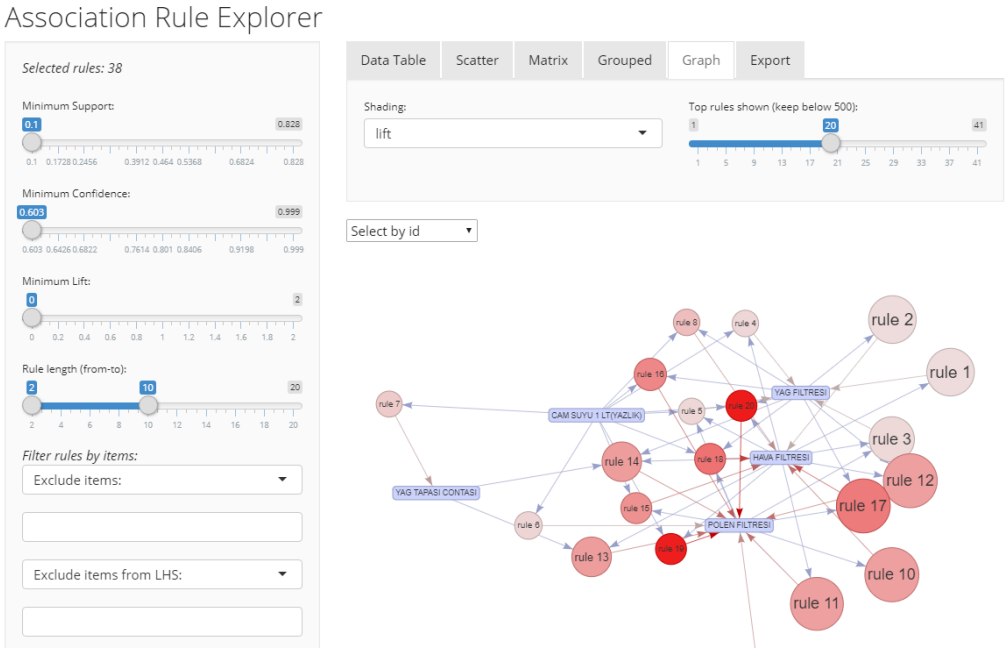
Şekil 5. Apriori Algoritmasının Uygulanması

Apriori algoritması, veri madenciliğinin uygulanacağı ***tr*** işlem nesnesini alır ve parametre listesinde belirtilen minumum support, confidence ve ürünlerin bir sepetteki en fazla tekrar adedine (maxlen) göre kurallar listesi oluşturur. Örneğin Şekil 8'de verilen örnek kurallarda *Polen Filtresi* alan müşterilerin **%97,4**'ünün aynı zamanda *Yağ Filtresi* aldığı gözlemlenmiştir. Fakat *Yağ Filtresi* alan müşterilerin *Polen Filtresi* alma oranı bir önceki kuraldan daha düşüktür.



Şekil 6. R Shiny ile Geliştirilmiş Apriori Uygulaması Web Servisi

Şekil 7'de kuralların kullanıcılar tarafından daha detaylı analiz edilebileceği web servis uygulamasının ekran görüntüsü paylaşılmıştır.



Şekil 7. R Shiny ile Geliştirilmiş Apriori Uygulaması Web Servisi- Kurallar Grafı

Data Table | Scatter | Matrix | Grouped | Graph | Export

Show 10 entries

	LHS	RHS	support	confidence
	All	All	All	All
[1]	{POLEN FILTRESI}	{YAG FILTRESI}	0.693	0.974
[2]	{YAG FILTRESI}	{POLEN FILTRESI}	0.693	0.837

Şekil 8. Polen ve Yağ Filtresi için Birliktelik Değerleri

4. Sonuç

Bu çalışmada bir oto servisinde kullanılan parçalar üzerinde R dili ile Apriori algoritması uygulanmış ve birliktelik kuralları elde edilmiştir. Araç servisinde kullanılan yedek parça ürünlerin depo raflarında yakın yerlere yerleştirilmesi hem de birliktelik kurallarındaki oranlara göre depo da tutulması önerilmektedir. Araçların bakım ve tamiri sırasında sıklıkla birlikte kullanılan parçaların aynı şekilde depolanması etkinliği artıracak ve araç tamir sürelerini kısaltacaktır.

Gelecek çalışmada, bu kuralların "Drool Engine" ile bir kural veri tabanı üzerinde depolanması ve analiz modülünün R ile web servis haline getirilmesi hedeflenmektedir.

Kaynaklar

Bodon, F. (2003, November). A fast APRIORI implementation. In *FIMI* (Vol. 3, p. 63).

Ünvan, Y. A. (2020). Market basket analysis with association rules. *Communications in Statistics-Theory and Methods*, 1-14.

Lesage, L., Deaconu, M., Lejay, A., Meira, J. A., & Nichil, G. (2020). A recommendation system for car insurance. *European Actuarial Journal*, 1-22.

Kuo, R. J., & Shih, C. W. (2007). Association rule mining through the ant colony system for National Health Insurance Research Database in Taiwan. *Computers & Mathematics with Applications*, *54*(11-12), 1303-1318.

More, N. P., Patil, S., More, N. P., & Patil, S. (2014). Recommending an insurance policy using association rule mining. *Int. J*, *1*, 70-73.

DOĞAN, B., Bahar, E. R. O. L., & Buldu, A. (2014). Using association rule mining for customer relationship management in insurance sector. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, *26*(3), 105-114.

Vojíř, S. Transformation of GUHA association rules to business rules for implementation using JBoss Drools.

Bala, P. K. (2008). Retail inventory management with purchase dependencies. *Engineering Letters*, *16*(4), 545-549.

CHEN, Y.L., CHEN, J.M. ve TUNG, C.W., (2006), A Data Mining Approach For Retail Knowledge Discovery With Consideration of the Effect of Shelf-Space Adjacency on Sales, Decisions Support Systems, cilt: 42, sayı: 3, 1503-1520.

AGRAWAL, R., IMIE linski, T., SWAM i, (1993), "Mining association rules between sets of items in large databases", In ACM SIG MOD Conf. Management of Data.

ÖZSEVEN, T. ve DÜĞENCİ M., (2011), LOG Analiz: Erişim Kayıt Dosyaları Analiz Yazılımı ve GOP Üniversitesi Uygulaması, Bilişim Teknolojileri Dergisi, cilt: 4, sayı: 2, 55- 66.

ERKAN, Ü., EYÜP, S., (2005), "Web Basın Verilerine Apriori Algoritması Uygulanarak Düzenli Birliktelik Kurallarının Bulunması", 4rd International Advanced Technologies Symposium.

TAN, Pang-Ning, STEİNBACH, Michael, KUMAR, Vipin, (2006), **Introduction to Data Mining**, Pearson Addison Wesley, Boston.

Elabiad, Z. (2013). *WEB TABANLI ANKET SİSTEMİ İLE ELDE EDİLEN VERİLERİN VERİ MADENCİLİĞİ YÖNTEMİ İLE ANALİZİ*, Yüksek Lisans Tezi, İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ.

TEKSTİL SEKTÖRÜNDE TERMAL KAMERALARIN KULLANIM ALANLARI

Dr. Öğr. Üyesi Esra TAŞTAN ÖZKAN
Bitlis Eren Üniversitesi

ÖZET: Kızıl ötesi termografi yada termal görüntüleme sistemleri malzeme bilimi, biyoloji, tıp ve inşaat mühendisliği gibi bir çok alanda araştırmacıların dikkatini çekmektedir. Birçok araştırmacı termal görüntülemenin temas etmeden iki boyutlu sıcaklık ölçümüne izin vermesinin yanında ısı transferi, termal özelliklerin ölçümü ve tahribatsız test olmasından dolayı da tercih eder. 1960'lı yıllarda keşfedilen kızıl ötesi görüntüleme tekniği bir kamera, veri toplayıcı ve veri analizi programından oluşur. Giysi tasarımcıları için termal kızılötesi görüntüleme sistemleri, deri sıcaklık farklılıklarını dikkate almayı sağlayan etkili ve yenilikçi bir araç olarak, deri ve yüzey sıcaklıklarını ölçme ve görüntülemede kullanılır. Vücut yüzey sıcaklığı termal görüntüleme yöntemiyle (infrared kamera) noninvazif ve temassız yöntemle insan deri yüzeyi tarafından emilen ısıyı yakalar ve böylece vücudun istenen bölümlerinin sıcaklığını kayıt altına almaya yarar. Bu çalışmada tekstil sektöründe termal kameraların kullanıldığı alanlardan ve termal kamera kullanımının özellikle tasarım sürecinde sağladığı verimlilik ve potansiyel maliyet tasarruflarından bahsedilecektir. Sonuç olarak termal verilerin tasarım sürecinin bir parçası olarak kullanılmasının özellikle sporcu giysilerinin tasarımında büyük avantaj sağlayacağından bahsedilecektir.

Anahtar Kelimeler: tekstil, tasarım, termal kameralar, sporcu giysileri.

Usage Areas of Thermal Cameras in Textile Industry

ABSTRACT: Infrared thermography or thermal imaging systems attract the attention of researchers in many fields such as materials science, biology, medicine and civil engineering. Many researchers prefer thermal imaging because it allows two-dimensional temperature measurement without contact, as well as heat transfer, measurement of thermal properties and non-destructive testing. Infrared imaging technique, discovered in the 1960s, consists of a camera, data collector and data analysis program. For garment designers, thermal infrared imaging systems are used to measure and display skin and surface tem-

peratures as an effective and innovative tool to take into account skin temperature differences. Body surface temperature captures the heat absorbed by the human skin surface with a noninvasive and non-contact method using thermal imaging method (infrared camera) and thus helps to record the temperature of the desired parts of the body. In this study, the areas where thermal cameras are used in the textile sector and the efficiency and potential cost savings that thermal cameras provide especially during the design process will be discussed. As a result, it will be mentioned that using thermal data as a part of the design process will provide a great advantage especially in the design of sportswear.

Keywords: textile, design, thermal cameras, sportswear.

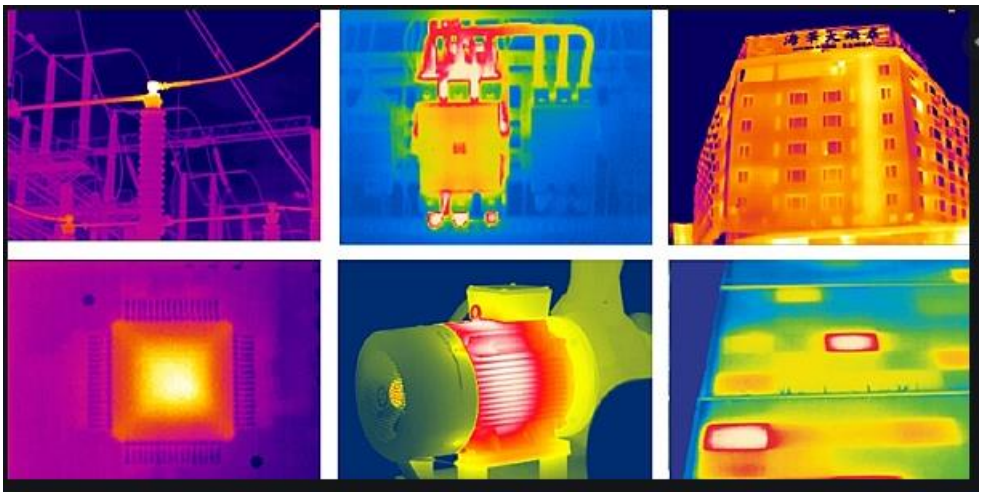
1. GİRİŞ

Kızıl ötesi termografi yada termal görüntüleme sistemleri malzeme bilimi, biyoloji, tıp ve inşaat mühendisliği gibi bir çok alanda araştırmacıların dikkatini çekmektedir. Birçok araştırmacı termal görüntülemenin temas etmeden iki boyutlu sıcaklık ölçümüne izin vermesinin yanında ısı transferi, termal özelliklerin ölçümü, tahribatsız test olmasından dolayı da tercih eder. 1960' lı yıllarda keşfedilen kızıl ötesi görüntüleme tekniği bir kamera, veri toplayıcı ve veri analizi programından oluşmaktadır.

Termal kameralar kızıl ötesi görüntüleri ve ölçüm sistemlerini kullanarak, bir ortamda bulunan objeler tarafından emilen termal enerjiyi görüntüleme ve ölçmede kullanılır (Ferreira ve ark., 2008). Infrared enerji (IR) çıplak gözle görülemez çünkü dalga boyu görülebilir elektromanyetik spektrum dışındadır. Sıcaklığı 0º' nin üzerinde olan her cisim ısıyı emer. Örneğin derinin emdiği kızıl ötesi enerji miktarı arttıkça sıcaklığı yükselir. Termal kameralar 0,12 Cº' lik küçük bir sıcaklık farkını bile ayırt edebildiğinden vücudun belirli bölgelerinin mutlak sıcaklığını veya vücudun özel bölgelerinin ortalama sıcaklığını bulmada kullanılır (Domina ve ark., 2011).

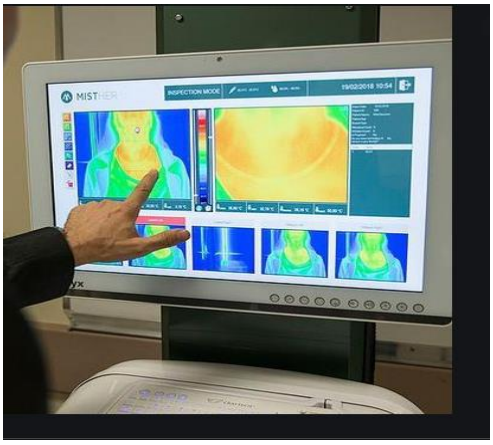
Termal kamera, infrared bir görüntü ve ölçüm sistemi oluşturarak nesnelerin çevreye yaydığı termal enerjiyi görselleştirmeye ve ölçmeye yarar. Kızılötesi enerji çıplak gözle görülmez çünkü dalga boyu görülebilir elektromanyetik spektrumun dışındadır. Termal kameralar kızılötesi teknolojiyi kullanarak vücut üzerindeki belirli noktaların tahmin edilmesinde yada belirli bir bölgenin ortalama sıcaklığının hesaplanmasında kullanılır. Termal kamera tarafından oluşturulan termal görüntüler farklı renkleri veya gri tonlamalı dereceleri kullanarak vücut tarafından serbest bırakılan ısıyı görsel olarak ölçmeye yarar. Farklı renkteki sınırlar vücudun farklı bölgeleri tarafından serbest bırakılan ısıyı karşılaştırılmaya olanak sağlar.

Şekil 1. Termal kameraların farklı alanlarda kullanımı



1980‘ den beri termografi yöntemi farklı disiplinler tarafından vücut yüzeyinin termal haritasını oluşturmak için kullanılmıştır. Bu teknoloji sağlıkçılar tarafından romatizmal eklem iltihabı, kanser, sinir hasarı, vücut kompozisyonu ve obezite gibi hastalıkları teşhis etmede kullanılır (Şekil 2). Giysi tasarımcıları için termal kızılötesi görüntüleme sistemleri, deri sıcaklık farklılıklarını dikkate almayı sağlayan etkili ve yenilikçi bir araç olarak, deri ve yüzey sıcaklıklarını ölçme ve görüntülemede kullanılır. Termal verilerin tasarım sürecinin bir parçası olarak kullanılması verimlilik ve maliyet tasarrufu sağlar. Örneğin faz değiştiren materyaller bütün giysi yerine daha etkili bölümlere uygulanır. Böylece sadece o bölümde faz değiştiren malzeme kullanıldığından giysinin üretim maliyeti ve dolayısıyla da satın alma maliyeti düşer.

Şekil 2. Termal kameranın sağlık alanında kullanımı



İnsan vücudu her daim sıcak olan bir çekirdek yani iç kısım ve soğuk dış kabuk olmak üzere iki kısımdan oluşur ve çekirdek kısmın sıcaklığı 37 C° iken vücut yüzey sıcaklığı genellikle 33 C° civarındadır. İnsan vücut yüzeyi çok geniş bir sıcaklık aralığında değişen zengin bir izoterm haritası gibidir. Vücut yüzey sıcaklığı termal görüntüleme yöntemiyle, noninvazif ve temassız yöntemle insan deri yüzeyi tarafından emilen ısıyı yakalar ve böylece vücudun istenen bölümlerinin sıcaklığını kayıt altına almaya yarar. Termal görüntüleme yöntemi tıp alanında önemli bir kullanım alanına sahiptir. Spor alanında kullanımıyla ilgili çok fazla çalışma yoktur.

Egzersiz kimyasal enerjiyi kinetik enerji ve termal enerjiye çevirir, bunun sonucunda da ısı üretimi artar. Deri sıcaklığının ölçümü sayesinde vücut termal denge sistemi hakkında bilgi sahibi olunabilir. Bu amaçla kullanılan birçok yöntem vardır. Bunlar termal kameralar, kimyasal termometreler ve ısı sensörleridir. Isı sensörleri, deri sıcaklığını ölçmede kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir. Isı sensörü kullanımının dezavantajları ise sadece birkaç cm^2' lik bir alanı ölçmesi ve ekipmanların pahalı olmasıdır. Ayrıca yüksek aktivite sırasında terleme ve hareket nedeniyle zarar görebilirler. Bu nedenle termal görüntüleme yöntemleri deri sıcaklık ölçümlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Termal görüntüleme sistemlerinin dayandığı fiziksel prensipler, 0 C°' nin üzerinde sıcaklıklarda cisimler atomların ve moleküllerin termal hareketleri nedeniyle infrared radyasyonu emerler yani cisimlerin sıcaklıkları arttıkça daha fazla infrared enerji yayarlar. Infrared kameraların özel lensleri bulunur ve bu lensler yüzlerce infrared sensör içerir. Böylelikle radyasyon enerjisinin elektrik sinyaline dönüştürür. Elektriksel sinyal bir bilgisayara bağlanarak her pikselin sıcaklığı ölçülebilir. Deri sıcaklığını ölçmede termal kamera teknolojisini kullanmanın avantajı tekniğin noninvazif olması, cisimle fiziksel temasa gerek duymaması, sadece ölçülmek istenen vücut bölümünün sıcaklığını ölçmeye olanak sağlaması, egzersiz sırasında hareket özgürlüğü sağlaması, yüksek hassasiyet, doğruluk, tekrarlanabilir ve bazı kameraların video kayıt özelliği sağlamasıdır. Dezavantajları ise video kaydı yapanların fiyatlarının yüksek olması, düşük fiyatlı ürünlerin daha az kesin sonuçlar vermesi, videonun kayıt yapmadığı zamanlarda aktivitenin kesintiye uğraması, ayrıca farklı faktörleri kontrol etmek için kullanan kişinin yeterli pratiğe sahip olması, ayrıca verilerin değerlendirilmesinin uzun zaman almasıdır.

Bu çalışmada amaç, tekstil sektöründe termal kameraların kullanıldığı alanlardan ve termal kamera kullanımının özellikle tasarım sürecinde sağladığı verimlilik ve potansiyel maliyet tasarruflarından bahsetmektir. Ayrıca termal kamera kullanımının özellikle spor giysilerin tasarlanmasında sağladığı faydalar hakkında bilgi verilecektir.

2. Termal Görüntüleme Sistemlerinin Malzeme Seçiminde Kullanımı

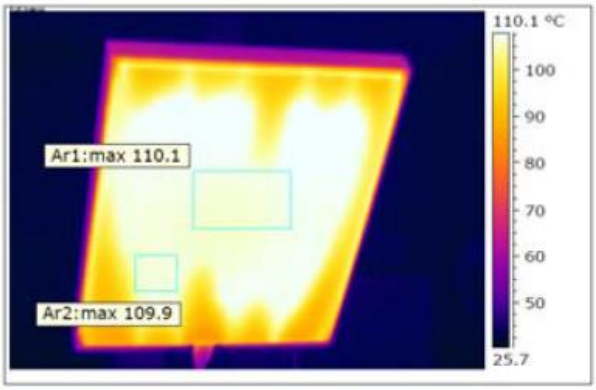
Termal görüntüleme sistemlerinin, tekstil malzemelerinin termal özelliklerinin ölçülmesinde iki boyutlu sıcaklık dağılımını zarar vermeden ve doğru bir şekilde ölçebildiği için çok yararlı bir araç olduğu kanıtlanmıştır. Michalak ve ark. (2008), termal görüntüleme sistemleri kullanılarak elektrik iletken liflerden ve polipropilenden üretilen dokusuz yüzey kumaşların ısı transferini incelemişlerdir. Morfolojik, elektro-fiziksel ve konfor özellikleri termal görüntüleme yöntemiyle ölçmüşlerdir. Sonuç olarak tekstil yüzeyinden radyasyon ve iletimle olan ısı transferinin bu yöntemle ölçülebileceği gösterilmiştir.

Termal görüntüleme yöntemi ayrıca elektrik iletken, koruyucu ve yanmaya karşı dayanıklı teknik tekstiller alanında da uygulama alanı bulmuştur. Elektrik iletken tekstiller yenilikçi ürünlerle popülarite kazanan bir alandır. Banaszczyka ve ark. (2009), termal görüntüleme yöntemi kullanarak elektro iletken tekstil malzemelerinin temas direncini ölçmeye çalışmıştır. Tekstil malzemelerindeki güç dağılımının bilgisayar simülasyonu ile temas direncini kızılötesi görüntüler yöntemi ile ölçülmüştür. Elektro iletken tekstile bir akım beslenerek ısı dağılımı kızılötesi görüntülerle ölçülmüştür.

Koncar ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada iletken polimer kompozitleri kullanarak elekro-iletken sensörler geliştirmiş ve tekstil temelli ısıtma elemanları kullanmışlardır. Isı etkisi termal kamera kullanılarak ölçülmüştür. Bu yöntemle 16 katmanlı formaldehit reçine ile güçlendirilmiş Kevlar kompozit malzemenin hatasız ve tahribatsız ölçümü sağlanmıştır.

Novakovic ve ark. (2010), yaptıkları çalışmada dijital ink-jet baskı yapılmış kumaş numuneleri belirli bir ısı kaynağına maruz bırakılmış ve belli bir sıcaklığa kadar ısıtılmıştır. Isıtılmış numunelerin yüzey sıcaklıkları termal kamera ile belirlenmiştir (Şekil 3). Bu yöntem, takviye edici elyaflar arasındaki mesafelerin dağılımının bir fonksiyonu olarak kompozit malzemelerdeki ısı akışı geçirgenliğini tahmin etmek için de kullanılmıştır. Yöntem, polimer matrisindeki termal iletkenlik değişikliklerini ve takviye liflerinin geometrik dağılımına bağımlılığını tanımlamak için kullanılmıştır.

Şekil 3. 110 C°' de ısı elemanının termal görüntü analizi



Termal görüntüleme sistemlerinin kullanıldığı diğer bir metotta higroskopik tekstil malzemelerinde ısı ve kütle transfer modeli; buhar difüzyonu, lif nem emilimi, yoğuşma/buharlaşma ve kılcal sıvı taşıma işlemini içeren birleştirilmiş ısı ve nem transfer işlemidir. Gözenekli tekstillerdeki nem emme, yoğuşma ve ısı transferi ile birleştirilen dinamik bir sıvı su transferi modeli, gözenekli tekstillerdeki sıvı difüzyonunun fiziksel mekanizmasının birleştirilmiş ısı ve nem transfer modeline dahil edilmesiyle geliştirilmiştir.

Banarjee ve ark. (2010), yaptıkları çalışmada tekstil yüzeylerinin kurutulmasıyla su hareketinin yönünü bulmak ve kurutma mekanizmasını açıklamak için termal görüntüleme kullanmıştır. Geçici sıcaklık dağılımı olası tüm ısı transferi modları dikkate alınarak sayısal olarak hesaplanmıştır ve termal görüntüleme sistemleri kullanılarak deneysel olarak ölçülen değerlerle karşılaştırılmıştır. Böyle bir model mekânsal ve zamansal olarak çok yüksek çözünürlük sağladığından gözenekli yapılarda ısı transfer metodunu açıklamada önemli bir yöntem olduğundan bahsedilmiştir. Ayrıca kurutma sırasında termal özelliklerin ve ısı transfer parametrelerinin uzamsal olarak çözümlenmiş ölçümünü sağlanabilir. Bunun anlamı sadece tek bir termal parametre ölçülmez, bunun zamana ve mekana bağlı olarak değişimi de ölçülür.

Faz değiştiren malzemeler akıllı tekstillerin geliştirilmesinde çok fazla uygulama alanı bulmuştur. Onofrei ve ark.(2010), yaptıkları çalışmada PCM' lerin tekstile uygulanması ve performans değerlendirme yöntemleri araştırılmıştır. Sonuç olarak PCM' lerin termal dengeleyici özellikleri nedeniyle spor alanında, otomotiv alanında, inşaat tekstillerinde, tıbbi tekstillerde, uzay tekstillerinde ve jeotekstillerde kullanılabileceğini belirtilmiştir. Ayrıca PCM içeren bu tekstillerin yüzey sıcaklıklarının ölçümünde termal görüntüleme yönteminin kullanılabileceğini belirtilmiştir.

3. Konfeksiyon Sektöründe Kullanımı

İnsan vücudu iç sıcaklığını 37 C° civarında sabit tutmalıdır. Deri sıcaklığı ise 30,7 ile 35,6 C° arasında değişen bir sıcaklık aralığında olabilir. İnsan vücudu tarafından elde edilen ısı ile vücut tarafından kaybedilen ısının dengede olmasına bağlı olarak vücut sıcaklığı belirli bir sıcaklık aralığında sabit tutulur. Deri sıcaklığı çevre ile olan ısı alışverişini terleme, kan dolaşımı ve termal algıyla kontrol ettiğinden önemli bir rol oynar. Metabolik aktivite sırasında kaslar tarafından üretilen ısı büyük bir termal strese sebep olur. Bu ısının bir bölümü vücutta depolanır ve vücut sıcaklığının artışına sebep olur. Egzersiz sırasında deriye olan kan akışındaki artış vücut iç sıcaklığının düşürülmesi için yapılan ısı transferinin en önemli yollarından biridir. Böylelikle fazla ısı deri yoluyla dış çevreye atılır. Isı birbirinden bağımsız dört prosesle radyasyon, kondüksiyon, konveksiyon ve buharlaşma yoluyla vücuttan atılır. Buharlaşma sıcak ortamlarda ve egzersiz sırasında ısının dış ortama atılmasını sağlayan metotların en önemlisidir. Fakat bu yeterli miktarda ter oluşumuna ve bunun dış ortama atılmasına bağlıdır. Giysi yapısı hem buharlaşma miktarı hem de oluşan ter miktarını etkilediğinden deri sıcaklığını dengelemede aktif bir rol oynar.

Termal görüntüleme sistemleri deri ve yüzey sıcaklıklarını ölçme ve görselleştirmeye olanak sağladığından özellikle konfeksiyon tasarımında etkili ve yenilikçi bir yöntemdir. Tasarım sürecinde bu tür verilerin kullanımı daha fazla verimlilik ve potansiyel maliyet tasarrufu sağlar. Termal kameraların tekstil endüstrisinde kullanılabileceği alanlar Şekil 4‘te verilmiştir.

Şekil 4.Termal görüntüleme sisteminin tekstilde kullanıldığı alanlar (Banerjee ve ark., 2013)

Egzersiz sırasında hafif bir giysi giyen sporcunun deri sıcaklığı hava sıcaklığına ve giysinin hava geçirgenliğine bağlıdır. Bu nedenle deri sıcaklığı egzersiz sırasında dinlenme durumuna göre daha düşüktür. Giysiler deriye yakın hava hareketini azaltarak ısı akışına karşı bir direnç oluşturur ve terin buharlaşma yoluyla çevreye atılmasını zorlaştırır. Bu nedenle özellikle spor giysilerde hava geçirgenliği yüksek giysiler tercih edilir. Daha önce yapılan çalışmalarda vücutla giysi arasındaki temas noktası fazlalığının termal dengeyi etkilediği görülmüştür. Giysi vücuda tam oturduğunda giysiden çevreye olan hava geçişi azalır ve bu da termal dengeyi olumsuz olarak etkiler. Çünkü fazla ısının dış ortama atılması zorlaşır.

Giysi kompozisyonu da ısı artışını, deri sıcaklığını ve giyim konforunu etkiler. Yüksek hava geçirgenliği sıcak ortamlarda iç sıcaklığın düşmesine neden olur ve daha iyi termal konfor sağlar. Polyesterin spor giyimde çok kullanılmasının nedeni daha az nem tutması, hava geçirgenliğinin iyi olması ve daha fazla termal konfor sağlamasıdır. Malzemelerin farklı emilim özelliklerinden dolayı giysi kütlesi buharlaşmamış teri de kapsamaktadır. Bu nedenle giysiler egzersiz öncesi ve sonrası tartılarak ağırlıktaki artış emilen ter miktarını hesaplamak için kullanılır. Daha önceki çalışmalar vücuda sıkı oturan giysilerin hava hareketini engelleyerek termal dengeyi ve termal konforu negatif olarak etkilediğini göstermiştir.

İnsan vücudunun termal düzenleyici sistemi, çok çeşitli çevresel ve/veya fiziksel çalışma koşullarına karşı sabit bir sıcaklık sağlar. Vücut ısısının düzenlenmesi için ısı transferinin çevre ile kontrolü, temel bir rol oynar. İnsan/çevre ara yüzünde (deri) ısı; iletim, konveksiyon, radyasyon ve buharlaşma ile vücuttan taşınır. Genel bir enerji dengesi denklemi vücudun termal durumunu belirler.

$$S = H - (\pm W) - E \pm R \pm C, \tag{1}$$

S, vücudun enerji seviyesi, H iç enerji üretim oranı, W egzersiz sırasında üretilen mekanik iş oranı, E buharlaşma ile enerji kaybı oranı, R radyasyonla değiştirilen enerji oranı ve C iletim ve konveksiyon ile değiştirilen enerji oranıdır.

Spor egzersizi sırasındaki ısı yayılımı, atletik performansa neden olabilecek önemli bir fizyolojik mekanizmadır. İnsan vücudunun ısı düzenleyici sistemi çevre koşullarının ve aktivite seviyesinin değişmesine rağmen ısıl dengeyi sağlar. Deri; iletim, konveksiyon, radyasyon ve buharlaşma yoluyla ısı değişiminin düzenlenmesinde temel role sahiptir. Yoğun egzersiz vücudun iç yapısında ısı üretimine neden olur ve kasları harekete geçirir, bunun sonucunda da daha sıcak kan iç yüzeyden vücudun dış yüzeylerindeki kısımlarına büyük miktarda aktarılır.

Deri sıcaklığının ve egzersiz sırasında değişiminin daha güvenilir bir yöntemle ölçülmesi sporcuların performansının geliştirilmesiyle ilgili çok önemli bilgiler sağlar. Bu da modern temassız yüksek çözünürlüklü termal görüntüleme cihazlarının (termal kamera) kullanılasıyla gerçekleşir. Bu cihazlar deri sıcaklığını, deri sıcaklık dağılımı ve bunun zamanla değişimini bir haritaya dönüştürür. Bu dijital cihazlar, 512 x 512 piksele kadar çözünürlükte gerçek zamanlı termal görüntüleri hassas bir şekilde ölçebilir ve saklayabilir. Tanısal amaçlar için yaygın olarak kullanılmasına rağmen, bu cihazlar nadiren egzersiz sırasında Tc deri sıcaklığı varyasyonunu araştırmak için kullanılmıştır.

Fiziksel aktivite kas metabolizmasını arttırır ve kas ve vücut sıcaklığının artışına sebep olur. Spor yapan insanlar ısıyı dışarı atmak için etkili bir mekanizmaya sahip olmalıdır. Antrenmanın fizyolojik faydalarından biri vücuttan fazla ısıyı daha kolay atmaya olanak sağlamasıdır. Antrenman ve terleme oranı arttıkça vücut iç sıcaklığının artışı engellenmiş olur.

Afanacewa ve ark. (1985), sadece iç vücut sıcaklığının değil, aynı zamanda yüzey sıcaklığının bir insan vücudunun termal denge durumunu gösterdiğini belirtmiştir. Vücut yüzey sıcaklığındaki değişiklikler, egzersiz sırasında üretilen endojen ısı giderme sistemlerinin etkinliği ve vücudun egzersiz sonrası denge durumuna dönüşüyle ilişkili metabolik değişiklikler hakkında bilgi sağlar. Bu temelde, termal görüntülemenin bu değişiklikleri izlemenin ve bunu spor eğitmenleri için bir araç olarak kullanma olasılığı, vücudun egzersize adaptasyonunun önemli bir bileşeni olduğu için giderek daha yaygın hale gelmektedir.

Merla ve ark. (2010), kademeli bir koşu bandı egzersizi sırasında 15 koşucunun önkol, uyluk ve gövde yüzey sıcaklığını ölçmüşlerdir. Egzersize başladıktan sonra vücudun bu bölgelerinin yüzey sıcaklığındaki düşüşleri kaydetmişlerdir, vücudun önkol gibi periferik kısımlarında vücudun merkezi kısımlarından (gövde) daha büyük bir sıcaklık düşüşü olduğu görülmüştür.

4. Giysi Konforu Uygulamaları

Termal kamera ölçüm sistemleri, çoğu uygulamada insan vücuduyla giysi arasındaki sıcaklık değişiminin ölçülmesinde kullanılır. Ishikura ve ark. (1995), deri sıcaklığı üzerine giysi basıcının etkisini termal görüntüleme yöntemi kullanarak ölçtükleri çalışmada farklı elastik örme ürünlerin deri sıcaklığına etkisini giyim denemesi yöntemiyle ölçmüşlerdir.

Zimniewska ve ark. (2003), yaptıkları çalışmada doğal ve sentetik liflerden üretilen kumaşların sıcaklık, elektrik direnci ve termal direnç gibi fiziksel parametrelerinin insan vücut sıcaklığına etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık dağılımı ve ısı dağılım katsayısı termal görüntüleme yöntemiyle ölçülmüştür. Nitel termogram analizleri deri ve çevre arasındaki sıcaklık değişiminin ketende polyesterden daha kolay olduğu ve polyesterin daha konforsuz his verdiği görülmüştür.

Merla ve ark. (2010), yüksek çözünürlüklü termal görüntüleme sistemi kullanılarak kademeli egzersiz sırasında profesyonel sporculardaki insan vücudunun anterior cilt sıcaklığı (Tc) değişimleri ölçülmüştür. Denekler düzenli olarak antreman yapan 15 erkek koşucu arasından gönüllülük esasına göre seçilmiştir. Denekler 24 C° sıcaklık ve %50 bağıl nemde belirli bir antreman programında koşu bandında egzersiz yapmışlardır. Deneklerden 4 metre uzağa konulan termal kamera kullanılarak dakikada bir ölçüm alınmıştır.

Chudecka ve Lubkowska (2012), bu çalışmada profesyonel 12 atlet üç farklı antreman programında egzersiz yapmışlardır. Egzersiz %60 bağıl nem ve 25 C°‘ lik bir çevre koşulunda gerçekleştirilmiştir. Böylece fizyolojik ve morfolojik farklılıkların deri sıcaklığına etkileri, termal kamera kullanılarak omuz ve kol bölgesi gibi seçilen vücut bölümlerinin sıcaklığındaki değişiklikler araştırılmıştır.

Ayres ve ark. (2013), bayan sporcuların giydiği polyester ve kompozit malzemeden yapılan üst giysilerin (breast) kısa süreli bir aktivite programında deri sıcaklığı ve termal konfora etkisini araştırdıkları çalışmada termal kamera görüntüleme yöntemi kullanmışlardır. Sonuç olarak polyester üst giysinin daha konforlu hissettirdiği ve sıcaklık değişimine olanak sağladığı görülmüştür.

Özkan ve Meriç (2019), beş farklı giysi kullanarak egzersiz öncesi ve sonrası atletlerin vücut yüzey sıcaklıklarını termal kamera kullanarak ölçmüşlerdir. Sonuç olarak; egzersiz sonrasında vücut yüzey sıcaklığı en yüksek ölçülen giysilerin pamuk sürem ve pamuk polyester süprem kumaşlardan yapılan giysiler olduğu görülmüştür. Ayrıca pamuk süprem kumaştan üretilen giysinin egzersiz öncesi ön ve arka yüzey sıcaklıkları da diğer giysilerden daha yüksek ölçülmüştür.

SONUÇ

Bu çalışmada termal görüntüleme yöntemlerinin; kullanıldığı alanlardan, ölçüm prensiplerinden, malzeme seçiminde, konfeksiyon sektöründe ve giysi konforu ölçümlerinde kullanımlarından bahsedilmiştir. Termal görüntüleme yöntemlerinin, temassız bir yöntem olduğu için ölçülecek numuneye zarar vermeden ölçüm sağla-

ması, deri ve yüzey sıcaklıklarını temassız ölçmeye izin vermesinin yanında ısı sensörleri sadece tek bir noktanın ölçümünü yaparken termal kameraların ölçülecek yüzeylerin tamamının sıcaklığının ölçmeye olanak sağlaması ve hareket özgürlüğü sağlaması gibi avantajları bulunmaktadır. Bunun yanında özellikle videolu sistemlerin pahalı olması, düşük fiyatlı olanların kesin sonuçlar vermemesi ve verilerin değerlendirilmesinin uzun zaman alması gibi dezavantajları vardır. Fakat özellikle spor aktivitelerinin hareketli olması, hareket sırasında terleme oranının fazla olması nedeniyle vücuda sensör yapıştırmanın zor olması, sensörlerin terle bozulması gibi faktörlerden dolayı termal kameralar özellikle sporcu giysilerinin performansının ölçülmesinde daha etkili yöntemlerdir. Bu da tasarım aşamasında farklı malzemelerin birlikte kullanılmasına ve maliyet tasarrufuna olanak sağlamaktadır.

REFERANSLAR

AFANACEWA, R., BASARGİNA, L., ZAŁUGUJEWA, O. (1985). "Estimation average temperature of human body during physical effort", Gig i Sanitaria, 9: 32–35.

AYRES, B., WHİTE, J., HEDGER , W., SCURR , J. (2013). "Female Upper Body and Breast Skin Temperature and Thermal Comfort following Exercise.", *Ergonomic,* 56 (7): 1194–1202.

BANARJEE, D., CHATTOPADHYAY, S.K., TULİ, S. (2013). "Infrared Termography in Material Research ", Indian Journal of Fibre &Textile Research, 38: 427-437.

BANASZCZYKA , J., ANCA, A., DE MEY, G. (2009). "Infrared thermography of electroconductive woven textiles", Quantitative InfraRed Thermography Journal, 6(2): 163-173. CHUDECKA , M., LUBKOWSKA, A. (2012). "The use of thermal ımagıng to evaluate body temperature changes of athletes durıng traınıng and a study on the ımpact of physıologıcal and morphologıcal factors on skın temperature.", Human Movement, 13(1): 33-39.

DOMİNA, T., KİNNİCUTT, P., MACGİLLİVRAY, M. (2011). "Thermal Pattern Variations Analyzed Using 2D/3D Mapping Techniques among Females", Journal of Textile and Apparel, Technology and Management, 7(1): 1-15.

FERREİRA, J.J.A., MENDONCA, L.C.S, NUNES L.A.O., FİLHO, A.C.C., REBELATTO, J.R. (2008). “Exercise associated thermographic changes in young and elderly subjects”, Annals of Biomedial Engineering, 36(8): 1420-1427.

ISHİKURA, S., YAMAMOTO, T., YAMAMAE,N., YAMANA, N. (1995). "The Skin-Reflex Effect of Clothing Pressure Upon Skin Temperature by Using a Thermography." Journal-japan Research Assocıatıon for Textıle End Uses, 36(1): 82-89.

KONCAR, V., COCHRANE, C., LEWANDOWSKİ, M., BOUSSU, F., DUFOUR, C. (2009). “Electro-conductive sensors and heating elements based on conductive polymer composites”, International Journal of Clothing Science and Technology, 21(2/3): 82-92.

MERLA, A., MATTEİ, P., Dİ DONATO, L., ROMANİ, G. (2010). “Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise”, Ann Biomed Eng, 38 (1), 158–163.

MİCHALAK, M., FELCZAK, M., WİECEK, B. (2008). “A new method of evaluation of thermal parameters for textile materials”, 9th International Conference on Quantitative InfraRed Thermography, July 2-5, Krakow, Poland.

NOVAKOVİĆ, D., KAŠİKOVİĆ, N., ZELJKOVİĆ, Ž., AGİĆ, D., GOJO, M. (2010). “Thermo graphic analysis of thermal effects on the change of colour differences on the digitally printed textile materials”, Tekstil, 59 (7): 297-306.

ONOFREI, E., ROCHA, A.M., CATARINO, A. (2010). “Textiles integrating PCM’s”, Bul. Inst. Polit. Iaşi, t. LVI (LX), 99-109.

ÖZKAN, E., KAPLANGİRAY, B. (2019). “Determination of the Body Temperature of Athletes During Pre-exercise and After Exercise Periods with a Thermal Camera”, 17. Ulusal 3. Uluslararası Tekstil Teknolojisi ve Kimyasındaki Son Gelişmeler Sempozyumu, 20-22 Kasım, Bursa.

ZİMNİEWSKA, M., MİCHALAK, M., KRUCİNSKA, I., WİECEK, B. (2003). “The physical properties of the surface of apparel made from flax and polyester fibres”, International Journal of Clothing Science and Technology, 15(3/4) : 284-294.

TEK KULLANIMLIK CERRAHİ MASKELERDE LASTİK DİKİM YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Dr. Öğr. Üyesi Serkan BOZ
Ege Üniversitesi

ÖZET: Günümüzde COVID-19 pandemisi nedeniyle hayatımızın vazgeçilmezi olan maskeler, farklı malzeme ve yöntemlerle üretilebilmektedir. Bu malzeme ve yöntem çeşitliliği maskelerin koruyuculuk derecesini, kullanım ömürlerini ve kullanım sırasında güvenilirliğini etkilemektedir. Maskeler arasında da dokusuz yüzeyden üretilmiş tek kullanımlık 3 katlı cerrahi maskeler en çok tercih edilen ürün olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışma kapsamında 3 kat dokusuz yüzeyden elde edilmiş maskelere dikilen kulağa geçirilen yuvarlak lastiklerin maskelerle birleşim yöntemleri incelenmiştir. Lastiklerin özellikle dikiş noktasından kopmaları maskelerin kullanım sırasındaki güvenilirliğini etkileyen en önemli parametrelerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada maske lastiğinin, ultrasonik birleştirme ve klasik dikiş tekniklerinden biri olan çift baskı dikişi ile farklı şekillerde birleştirilmesi sonucu kopma mukavemetleri karşılaştırılmıştır. Her iki yöntemle kumaşlar katlanmadan ve katlanarak lastikle birleştirilmiştir. Ayrıca çift baskı dikişi uygulamalarında 2 farklı dikiş adımı kullanılmıştır. Birleştirilen lastik ve kumaşlara dikiş kopma mukavemeti testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına gören en sağlam lastik birleştirme metodu tespit edilmiş ve sonuçlar ışığında önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Tek kullanımlık cerrahi maske, COVID-19, Ultrasonik dikiş, Dikiş mukavemeti, Kopma mukavemeti

Comparison the Rubber Sewing Methods of Disposable Surgical Face Mask

ABSTRACT: Masks, which are indispensable in our lives today due to the COVID-19 pandemic, can be produced with different materials and methods. This variety of materials and methods affects the degree of protection of masks, their lifetime and their reliability during use. Among the masks, disposable 3-layer surgical masks made of non-woven fabrics are the most preferred product.

Within the scope of this study, the joining methods of the masks and the round rubber ear loops, which were sewn to masks obtained from 3 layers of nonwoven fabric, were examined. Especially the breaking of the rubbers at the seam point is one of the most important parameters affecting the reliability of the masks during use. In this study, the tensile strength of the ultrasonic joined and joined with one of the classical methods (lock stitch) mask rubber was compared. With both methods, the fabrics are joined with rubber with folding and without folding. In addition, 2 different stitch lengths were used in lock stitch sewing applications. Seam tensile strength tests were applied to the joined rubbers and fabrics. The most powerful rubber joining method was determined according to the test results and recommendations were made in the light of the results.

Keywords: Disposable surgical mask, COVID-19, Ultrasonic joining, Seam strength, Tensile strength

1. GİRİŞ

Günümüzde dünyanın en büyük problemi olan COVID-19 tüm dünyada hayatı durma noktasına getirmiştir. COVID-19'a neden olan virüslerden korunmada sosyal mesafe ile medikal tekstil ürünlerinin önemi tartışılmazdır. Medikal tekstil ürünlerinin önemli bir başlığı da üst solunum yollarıyla virüslerin bulaşmasını önleyen cerrahi maskelerdir. Bu maskeler farklı materyal ve metotlarla üretilebilmektedir.

Gerçekleştirilen araştırma ve çalışmalar operasyon sonrası enfeksiyon kontrolünde dokusuz yüzey kumaşların kaplamasız dokunmuş kumaşlara göre daha koruyucu özellikte olduğunu göstermektedir. Maksimum seviyede koruma sağlamak amacıyla anti-mikrobiyal ajanlar ile muamele edilmiş dokusuz yüzeyler medikal alanda kullanılmaktadır (Hayes vd. 2011). Dokusuz yüzeyler tek kullanımlık medikal ürünlerin eldesinde en sık kullanılan hammaddeler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Medikal koruma amacı ile kullanılan giysilerin üretiminde kullanılan kumaş yüzeylerinin gözenek boyutu mikroorganizma boyutundan küçük ise mikroorganizmaların girişi engellenebilmektedir. Fakat bu boyutta gözeneklere sahip bir kumaş oluşturmak kolay değildir. Bu amaçla, kaplama tekniklerinden yararlanılmaktadır (Behera ve Arora, 2009).

Tek kullanımlık 3 katlı cerrahi maskelerde dokusuz yüzeylerin birleştirilmesinde geçirgenlik özelliklerini korumak ve iğne deliklerini engellemek için klasik dikiş teknikleri yerine ısıl birleşim yöntemlerinden biri olan ultrasonik dikiş teknikleri tercih edilmektedir. Diğer cerrahi maskelerin gövdesinde de benzer ısıl birleştirme ve form verme araçları kullanılmakta klasik dikiş yöntemleri tercih edilmemektedir.

Gövdelerin sap veya lastiklerle birleştirilmesinde ise solunum yollarıyla doğrudan bir kesişme olmadığı için hem klasik dikiş yöntemlerinin hem de ısıl birleştirme yöntemlerinin kullanıldığı tespit edilmiştir.

COVID-19 pandemisi sürecinde farklı maske türlerinin koruyuculuğu hakkında çalışmalara rastlamak mümkündür. Ancak bu çalışmalarda, başka bir koruyuculuk unsuru olan lastik birleştirme mukavemetinin incelenmediği gözlemlenmiştir. Maskelerin lastikleri koptuğunda kullanımları da sona ermektedir. Bu nedenle çalışmada tek kullanımlık 3 katlı cerrahi maskelerde lastik birleştirme yöntemleri ile kullanım güvenliğini etkileyen unsurlardan biri olan lastik mukavemetleri karşılaştırılmış ve hangi yöntemin daha uygun olduğu araştırılmıştır.

Ultrasonik dikiş ve cerrahi maskeler konularında yapılmış çalışmalara bakıldığında, 2019 yılında Şevkan Macit ve Tiber tarafından yapılan bir çalışmada, poliüretan kaplamalı kumaşların ultrasonik kaynak yöntemi ile birleştirilmesi sonucu oluşan birleşim noktalarının su iletim özelliklerinin klasik dikiş yöntemlerine göre farkları incelenmiştir (Şevkan Macit ve Tiber, 2019). Eryürük vd. 2017 yılında, dokusuz yüzeylerde ultrasonik birleştirme tekniğini incelemişler ve bu teknikle dokusuz yüzeylerle ameliyat önlüklerinin dikim özelliklerini analiz etmişlerdir. Bu çalışmada klasik dikiş teknikleri ile ultrasonik birleştirme yöntemi dokusuz yüzeyler üzerinde uygulanarak karşılaştırılmıştır (Eryürük vd., 2017). 2016 yılında Shi vd tarafından yapılmış bir çalışmada, ultrasonik kaynak yöntemi ile elde edilmiş bir dikişin su geçirme özelliği test edilmiştir. Bu doğrultuda, klasik dikişlerdeki su geçirme sorununun iğne deliklerinden su sızması şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Shi vd. 2016). 2014'te Kayar vd. ultrasonik birleştirme yönteminde farklı tekerlek (roller) tiplerinin, dikişlerin çekme mukavemetleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir (Kayar vd. 2014). 2014 yılında Kayar ve Mıstık tarafından yapılmış bir çalışmada, ultrasonik yöntemle birleştirilmiş nonwoven kumaşların mekanik özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmada mekanik özellik olarak dikiş dayanımı ve kopma anındaki uzama değerleri tayin edilmiştir (Kayar ve Mıstık 2014).

Medikal tekstil ürünlerinin kullanım amacı hasta kişilerin ve sağlık personellerinin karşılıklı olarak birbirlerine hava (damlacık) ve/veya sıvı (su, kan, tükürük) yolu ile virüsleri bulaştırma riskini minimum seviyeye indirmektir. COVID-19 salgını ile maske kullanımı hakkında da literatürde birçok çalışma bulunmaktadır.

Eikenberry ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmaya göre, maske kullanımının mümkün olduğunca evrensel olması önerilmektedir. Çalışmada ayrıca maske önleminin, COVID-19 salgınının kontrol altına alınmasına büyük ölçüde katkıda bulunabileceği belirtilmektedir (Eikenberry vd. 2020)

Wang ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, SARSCoV'un damlacık, temas ve havadan bulaşabildiği; hafif belirti gösteren veya belirti göstermeyen vakaların, güçlü bulaşıcılığının olduğu ve çok sayıda oldukları belirtilmiştir. COVID-19 salgını sırasında riske dayalı maske kullanım stratejileri önerildiği görülmektedir (Tablo 1) (Wang vd., 2020).

Tablo 1. Risklere dayalı farklı senaryolarda maske kullanım stratejisi (Wang vd., 2020).

Popülasyon	Senaryo	Risk	Maske
Genel kamusal alan	Konut ve dış ortamlar veya yeterli havalandırmaya sahip toplantılar	-	Maske yok
	Ofisler, alışveriş merkezleri, restoranlar, konferans salonu vb. Kalabalık yerler veya asansörler, ulaşım araçları vb. nispeten kapalı ortamlar	Yüksek	Tek kullanımlık tıbbi maske
		Orta ve düşük	Sosyal mesafe 1 metreden az ise Tek kullanımlık tıbbi maske
Özel alanlardaki kişiler	Öksürük veya hapşırma semptomları olan kişiler	-	Tek kullanımlık tıbbi maske veya cerrahi maske
	İyileşmiş COVID-19 hastaları ile yaşayan veya izole edilmiş kişiler	-	Tek kullanımlık tıbbi maske veya cerrahi maske
	Hastane, tren istasyonları, havalimanı, süpermarketler gibi halka açık kalabalık yerler, restoranlar vb.	Yüksek	Cerrahi maske veya solunum cihazı
		Orta ve düşük	Tek kullanımlık tıbbi maske veya cerrahi maske
	Hapishane, huzurevleri, derslikler, yurtlar gibi nispeten kapalı kalabalık yerler vb.	Yüksek	Çalışanlar: Cerrahi maske veya solunum cihazı

			Diğerleri: Tek kullanımlık tıbbi maske veya cerrahi maske
		Orta ve düşük	Tek kullanımlık tıbbi maske veya cerrahi maske
Kilit kişiler, Mesleki olarak risk altındaki kişiler	Şüpheli vakalar, doğrulanmış vakalar, asemptomatik taşıyıcılar, yakın temaslılar ve acil sağlık çalışanları	-	Cerrahi maske veya valfsiz respirator
		Yüksek ve orta	Tıbbi Respiratör
		Düşük	Cerrahi maske
	Genel poliklinik veya servislerdeki sağlık çalışanları, idari personel, polis, güvenlik, temizlik işçileri vb.	-	Cerrahi maske
	Yoğun bakım ünitesinde veya doğrulanmış vakaların veya şüpheli vakaların servislerinde çalışanlar vb.	-	Tıbbi Respiratör

Scarano ve arkadaşlarının maske kullanım rahatlığı ile ilgili çalışmalarında, N95 maskenin cilt yüz sıcaklığında rahatsızlık veren büyük bir artışa neden olduğu ve gönüllülerin cerrahi maske kullanımına daha fazla eğilim gösterdiği vurgulanmaktadır (Scarano vd., 2020).

Bu çalışmada ise maske ve güvenilirlik konusuna farklı bir pencereden yaklaşılarak maske güvenilirliğinin etkileyen maske lastiği kopma mukavemeti incelenmiştir. Maske lastiğinin, ultrasonik birleştirme ve klasik dikiş tekniklerinden biri olan çift baskı dikişi ile farklı şekillerde birleştirilmesi gerçekleştirilmiş, ardından lastik kopma mukavemetleri karşılaştırılmıştır. Test sonuçlarına gören en sağlam lastik birleştirme metodu tespit edilmiş ve sonuçlar ışığında önerilerde bulunulmuştur.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

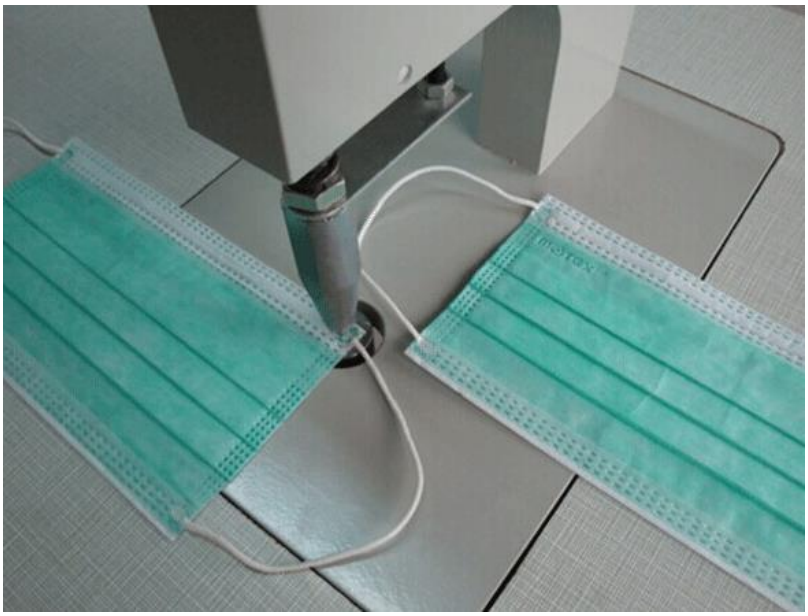
2.1. Materyal

Bu çalışmada materyal olarak tek kullanımlık 3 katlı cerrahi maskelerde sıklıkla kullanılan 25 gr/m^2 Spunbond dokusuz tekstil yüzeyleri ve kulak halkalarını oluşturan 3 mm çapında 1g/m yuvarlak lastik kullanılmıştır. Spunbond malzemeler, polyester tabakaların eritilip, eğirme yöntemi ile şekillendirilmesinden oluşan sürekli liflerden elde edilmektedirler.

Dikim işlemleri için Juki DDL9000 çift baskı dikişi makinesi, 150dtex*2 dikiş ipliği kullanılmıştır.

Ultrasonik birleştirme işlemi; birleştirilen termoplastik yüzeyin titreşim sonucu erimesi ve soğuması esasına dayanmaktadır (Shi ve Little 2000). Bu çalışmada ultrasonik birleştirme işlemi için de Ultrasonik kaynak (maske lastik takma) makinesi kullanılmıştır (Şekil 1).

Şekil 2. Ultrasonik kaynak (maske lastik takma) makinesi



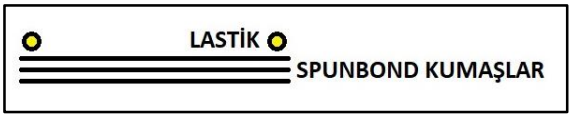
Lastik birleştirme işlemlerinin ardından dikiş mukavemetlerinin tespiti Zwick Roell Z010 çekme test cihazında gerçekleştirilmiştir (Şekil 2).

Şekil 3. Zwick Roell çekme test cihazı

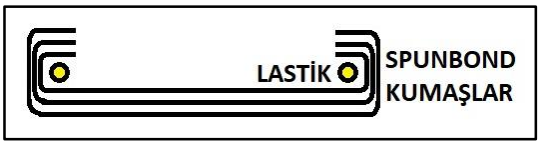
2.2. Yöntem

Maske ve lastik birleştirme işlemleri; çift baskı dikişi ve ultrasonik dikiş yöntemleriyle gerçekleştirilmiştir. Her iki yöntemde de lastik dikim işlemleri 3 katlı dokusuz yüzey kumaşların kenarları hem katlanmadan hem de katlanarak gerçekleştirilmiştir. Böylece lastiğin açıkta veya kumaş katları arasında kalmasının da mukavemete etkisi incelenmiştir (Şekil 3 ve 4).

Şekil 4. Kumaş kenarları katlanmadan lastik yerleşimi



Şekil 5. Kumaş kenarları katlanarak lastik yerleşimi



- Çift Baskı Dikişi Uygulamaları:

Çift baskı dikişi uygulamalarında her iki yerleşim şeklinde, dikiş adımı parametresinin etkisini de inceleme amacıyla 2 mm ve 3 mm dikiş adımları kullanılarak dikim gerçekleştirilmiştir. Lastiğin ve kumaş kenarlarının daha stabil hale getirilmesi

için her işlemde 10 adım ileri- 10 adım geri- 10 adım ileri dikim (pekiştirme) uygulanmıştır.

- Ultrasonik Dikiş Uygulamaları:

Ultrasonik lastik dikim işlemleri de her iki yerleşim şeklinde, sabit parametrelerle 3 sn basınç uygulanarak gerçekleştirilmiştir.

- Dikiş Mukavemeti Testi:

Yüzeyler tüm testler öncesinde standart atmosfer koşullarında 20 °C±2 ve %65±4 bağıl nemde kondüsyonlanmıştır.

Dikiş dayanımı testleri, lastik dikim mukavemeti için herhangi bir test standardı bulunmadığından kesilmiş şerit metoduna göre (ISO 13935-1) Zwick Roell çekme cihazıyla yapılmıştır. Her test için beşer tekrar uygulanmıştır.

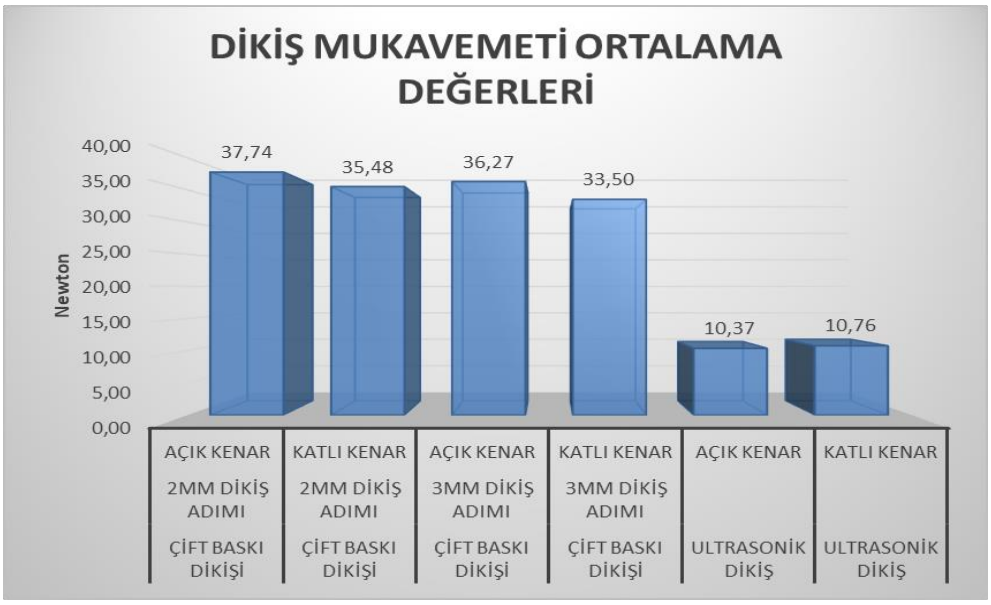
3. BULGULAR

Kumaşlar kondüsyonlandıktan sonra belirtilen standart kapsamında gerçekleştirilen testler ve elde edilen ortalama veriler aşağıdaki tabloda (Tablo 2) sunulmuştur. Sonuçların daha iyi görüntülenmesi amacıyla aşağıdaki grafik oluşturulmuştur (Şekil 6).

Tablo 2. Dikiş mukavemeti ortalama değerleri

DİKİŞ MUKAVEMETİ ORTALAMALARI (Newton)					
ÇİFT BASKI DİKİŞİ				ULTRASONİK DİKİŞ	
2mm Dikiş Adımı		3mm Dikiş Adımı			
Açık kenar	Katlı kenar	Açık kenar	Katlı kenar	Açık kenar	Katlı kenar
37,74	35,48	36,27	33,50	10,37	10,76

Şekil 6. Dikiş mukavemeti ortalama değerleri



Dikiş mukavemeti testlerinden elde edilen verilere bakıldığında;

- Çift baskı dikişi mukavemetinin ultrasonik dikiş mukavemetlerine göre oldukça yüksek olduğu,
- Çift baskı dikişinde dikiş adımının sıklaştırılmasının dikiş mukavemetini artırdığı,
- Çift baskı dikişinde kenar katlamanın dikiş mukavemetini nispeten olumsuz etkilediği,
- Ultrasonik dikişte ise kenar katlamanın dikiş mukavemetini nispeten artırdığı tespit edilmiştir.

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Sonuç olarak çift baskı dikişi mukavemetinin oldukça yüksek olduğu ancak ultrasonik dikişle elde edilen dikiş mukavemetinin de yeterli olduğu tespit edilmiştir.

Kumaş kenarlarında katlama işleminin mukavemet değerlerini önemli ölçüde değiştirmediği tespit edilmiştir. Dolayısıyla katlama ve katların arasına lastiğin yerleştirilmesi gibi operasyon süresini uzatan işlemlere gerek olmadığı düşünülmektedir.

Ayrıca operasyon süresi bakımından çift baskı dikişi işlemlerinde ileri-geri-ileri (pekiştirme) dikişinin işlem süresini uzattığı göz ardı edilmemelidir. Ultrasonik dikişte kenar katlama olmaksızın dikişin diğer operasyon türlerine göre daha kısa sürdüğü gözlemlenmiştir.

Lastik çapının düşük olması kullanım sırasında kulak konforunu desteklemektedir. Ancak küçük çaptaki bu lastiğin makinenin altına yerleştirilmesi ve dikilmesi operasyonu zorlaştırmaktadır. Piyasada tek kullanımlık 3 katlı cerrahi maskelerin katlamasını gerçekleştiren, kenar dikişlerini yapan ve lastik dikimini ayrı ayrı gerçekleştiren otomatlar ve bu 3 operasyonu birlikte gerçekleştiren tümleşik otomatlar bulunmaktadır. Bu otomatların kullanımı ile el becerisi ve kalifikasyon isteyen bu işlemler oldukça kolay ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmanın COVID-19 pandemi sürecinde hayatımızın vazgeçilmezi olan tek kullanımlık 3 katlı cerrahi maskelerin tüketici tarafından seçimine ve üreticiler tarafından üretim yöntemlerinin seçimine yol göstereceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

BEHERA, B.K.; ARORA, H., (2009), Surgical Gown: A Critical Review. Journal of Industrial Textiles, 38, 205.

EİKENBERRY S E; MANCUSO M.; IBOİ E.; PHAN T.; EİKENBERRY K.; KUANG Y.; KOSTELİCH E.; GUMEL A. B., (2020), To mask or not to mask: Modeling the potential for face mask use by the general public to curtail the COVID-19 pandemic, Infectious Disease Modelling, Volume 5, Pages 293-308.

ERYÜRÜK, S.; H.; KARAGÜZEL KAYAOĞLU, B.; KALAOĞLU, F., (2017), A study on ultrasonic welding of nonwovens used for surgical gowns. International Journal of Clothing Science and Technology, Vol. 29 Issue: 4, pp.539-552.

HAYES, S. F.; CURTIS WHITE, W., (2011), How Antimicrobial Treatment Can Improve nonwoven fabrics. Retrieved February 24, from http://www.aegisasia.com/How_Antimicrobial_Treatment_Can_Improve.pdf.

HUİ SHİ JİANPİNG WANG XİAONA CHEN SHUNHUA LUO LİNGXİ ZHANG, (2016), Research on the seam performance of waterproof clothing based on continuous ultrasonic welding technology, International Journal of Clothing Science and Technology, 28(2):171 – 190.

KAYAR, M.; MISTIK, S. İ.; İNAN, D., (2015), Analysing effect of the factors on ultrasonic seam tensile properties of nonwoven fabrics by Nested Anova Design. International Journal of Clothing Science and Technology, 27(6):803-817.

KAYAR, M.; MISTIK, S. İ., (2014), Effect of Fiber Type and Polyethylene Film on Mechanical Properties of Ultrasonically Bonded Multi Layer Nonwoven Fabrics. Tekstil ve Konfeksiyon, 24(1):30-36.

Lİ T.; LİU Y., Lİ M., QIAN X., DAİ SY., (2020), Mask or no mask for COVID-19: A public health and market study. PLoS ONE 15(8).

SCARANO A.; INCHINGOLO F.; LORUSSO F., (2020), Facial Skin Temperature and Discomfort When Wearing Protective Face Masks: Thermal Infrared Imaging Evaluation and Hands Moving the Mask, Int J Environ Res Public Health. Jul; 17(13): 4624.

SHI W.; LITTLE T., (2000), "Ultrasonic joining of textile materials" International Journal of Clothing Science and Technology, Vol. 12 No. 5, 2000, pp. 331-350.

ŞEVKAN MACİT, A.; TİBER, B., (2018), Dokuma Kumaşlarda Ultrasonik Dikiş Üzerine Bir Araştırma. Dokuz Eylül Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt 20, Sayı 59, 566-575.

WANG J.; PAN L.; TANG S.; Jİ J. S.; SHİ X., (2020), "Mask use during COVID-19: A risk adjusted strategy", Environmental Pollution, Volume 266, Part 1.

BETA-SİKLODEKSTRİNİN TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE KULLANIM ALANLARI

Fatma ÖZKAN YÜKSEL
Uludağ Üniversitesi

Dr. İdil YİĞİT
Uludağ Üniversitesi

Doç. Dr. Semiha EREN
Uludağ Üniversitesi

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Uludağ Üniversitesi

Prof. Dr. Osman Ozan AVİNÇ
Pamukkale Üniversitesi

ÖZET: Siklodekstrinler (SD), nişasta ve türevlerinden siklodekstrin glikoziltransferaz (SGTaz) enziminin etkisi ile üretilen, α(1-4) glikozidik bağlı, indirgen olmayan, siklik yapıdaki maltooligosakkaritlerdir. Siklodekstrinler, içi boş kesik koni şeklinde moleküllerdir. Nispeten fazla sayıda hidrojen alıcısı ve vericisi olan moleküllerdir. Hidroksil gruplarının dizilişi nedeniyle silindirik şekildeki molekülün iç boşluğu hidrofobik, dış yüzeyi ise hidrofilik özelliktedir. Siklodekstrinler bu özel konfigürasyonları sayesinde hidrofobik molekülleri veya amfifilik moleküllerin apolar kısımlarını iç boşluklarında hapsederek onlarla inkulüzyon bileşiği adı verilen bir kimyasal kompleks yapabilirler (Bora, Kahraman, Kayaman ve Ogan, 2006). Ayrıca nişasta veya sukroz kadar kararlı olup, bozulmadan senelerce saklanabilme özelliğine sahiptirler (Arslan, 2012). Bu özellikleri nedeni ile eczacılık, gıda, kozmetik, kimya, tarım ve tekstil v.b birçok endüstriyel alanda kullanılmaktadır.

SD'lerin ve türevlerinin üretiminde çeşitli çalışmalar başarılı olmuştur ve güvenilir testler, bunların toksisiteleri hakkındaki şüpheleri azaltmıştır ve bunun tekstil ile ilgili çalışmalarda tanıtılması, 1990'lardan bu yana artan bir ilgi kazanmıştır. Bunların aralarında β-CD, bulunabilirliği, kolay sentezi, düşük fiyatı, ciltte hassasiyet ve tahriş yaratmaması ve sürdürülebilirlik gereksinimiyle, yani çevreci ve mutajenik etkisi olmaması nedeniyle ticari olarak en çok tüketilen en çekici siklodekstrin çeşididir. Araştırmalar; antimikrobiyal, koku ve boyama gibi özelliklere yardımcı olmak için tekstilde siklodekstrinlerin çe-

şitli uygulamalarını incelemiştir. Bu nedenle, B-siklodekstrin kullanarak gelişmiş özelliklere sahip yeni ve geniş ölçüde tekstil ürünü geliştirme kapsamı vardır (Singh ve Sahu, 2019). Siklodekstrinler eğirme, ön işlem, boyama, terbiye ve boya çıkarma alanlarında uygulanabilir, ancak şu ana kadar an çok boyama, terbiye ve su arıtma alanında yer bulmuştur (Bezerra ve Arkadaşları, 2020). Bununla birlikte β-CD, püskürtme, baskı, fularlama, aşılama, yüzey kaplama, emprenye, mürekkep püskürtmeli baskı veya sol jel vb. yöntemlerle de tekstile dahil edilebilir (Bashkara-Amrit ve arkadaşları, 2011).

Anahtar Kelimeler: siklodekstrin, beta-siklodekstrin, tekstil, hidrofilleştirme

1. GİRİŞ

Pamuk lifleri tekstil endüstrisinde kullanılmaya başlandığı ilk günden bugüne giderek önem kazanmış ve günümüzde de önemini korumayı başarmış bir tekstil hammaddesidir (Erkan, 2013). Pamuk tekstil sanayinin en önemli girdisi olarak kabul edilse de, sadece lifleri değil, çiğidi ve yağı çıkarıldıktan sonra kalan küspesi de çeşitli sanayi dallarında büyük önem teşkil etmektedir (Güzel, 2010).

Pamuk ön terbiyesi öncelikle haşıl sökme, ardından hidrofilleştirme ve genel olarak hidrojen peroksitin kullanıldığı ağartma adımlarından oluşur. Bunların yanında merserizasyon gibi ek işlemler de yer alabilir (Eren ve ark., 2018).

Bunların arasında hidrofilleştirme adımı, pamuk liflerine uygulanacak diğer işlemlerin kolaylaştırılması adına liflerin ıslanabilirliğinin artırılması işlemidir. Büyük önem taşıyan bu işlem liflerin üzerinde doğal olarak bulunan yağ, vaks, pektin, hemiselüloz ve protein gibi maddelerin yok edilmesini sağlar. Uzun yıllardır süre gelen klasik hidrofilleştirme işlemi pamuklu mamullerin yüksek sıcaklıkta deterjan ve kostik varlığında yıkanmasıyla (alkali hidroliz) gerçekleştirilir ve bahsi geçen materyallerin deterjan ve alkali etkisiyle sabunlaşarak suda çözünebilir hale gelmeleri amaçlanır (Aniş, 1998). Günümüzde bazik işlem (kaynatma) olarak bilinen bu yöntem dışında farklı birçok hidrofilleştirme tekniği kullanılmakta ve literatürde yer almaktadır.

Bu yöntemlerden biri de alkali (kostik) kullanmak yerine enzim kullanma yönünde olandır. Pamuklu mamullerin başta pektinaz olmak üzere selülaz, lipaz, proteaz gibi enzimler ile hidrofilleştirilmesi oldukça sık tercih edilmektedir (Şahin, 2013). Bu hususta birçok araştırmacı çeşitli araştırmalara imza atmıştır. Bununla birlikte enzimatik hidrofilleştirmede kullanılan pektinaz enzimine ultrason desteğinin etkileri de araştılmıştır. Pektinaz enzimi ile hidrofilleştirmenin konvansiy-

onel yönteme göre daha uzun işlem süresi gerektirmesi önemli bir dezavantajdır ancak ultrasonik enerji kullanılarak işlem sürelerinin kısaltılabildiği görülmüştür (Erişmiş, 2012). Bunun dışında son yıllarda kullanılmaya başlanan süperkritik karbondioksit (scCO2) akışkan ortamında işlem (susuz işlem) teknolojisi de gerek tekstil terbiye işlemlerinde gerekse hidrofilleştirmede kendine yer bulmayı başarmıştır (Saka, 2019).

Süperkritik akışkan özellik, maddenin belirli bir sıcaklık ve basınç değerlerinin (kritik sıcaklık ve kritik basınç: kritik nokta) üstünde kazandığı bir özelliktir. Süperkritik akışkan ne gaz ne de sıvı haldedir fakat ikisinin de özelliklerini taşımaktadır. Süperkritik akışkanın yoğunluğu gaz halinin yoğunluğuna nazaran 200 ila 400 kat daha fazladır ve dolayısıyla bazı molekülleri çözme kabiliyetleri çok iyidir. Süperkritik karbondioksit akışkan ortamında işlem teknolojisi tekstil endüstrisinde çeşitli uygulamalarda kullanılabilir görünmektedir. (Saka, 2019).

Siklodekstrinler (SD), nişasta ve türevlerinden elde edilirler. Maltooligosakkarit sınıfındaki bu maddeler α(1-4) glikozidik bağlı, siklik yapılı, indirgen olmayan maddelerdir. Siklodekstrin glikoziltransferaz (SGTaz) enziminin etkisi ile üretilirler. Bileşimlerindeki glikoz birimlerinin sayısına göre α, β ve γ-SD'ler olarak 3 şekilde sınıflandırılırlar ve bu yapılar sırası ile 6, 7 ve 8 glikoz içerirler (Avcı ve Dönmez, 2008). Şekil itibariyle koniyi andıran SD moleküllerinin iç boşluğu hidrofobik, dış yüzeyi ise hidrofilik özelliktedir, bunun da sebebi yapılarındaki hidroksil gruplarının dizilişidir (Bora, Kahraman, Kayaman ve Ogan, 2006). Birçok farklı sektörde kendilerine yer edinen siklodekstrinler tekstil endüstrisinde de başta boyama, terbiye ve su arıtma alanlarında olmak üzere sıklıkla kullanılmaktadır (Bezerra ve Arkadaşları, 2020). Bunların arasında beta-siklodekstrin (β-CD), kolay ulaşılabilir ve sentezlenebilir olması, uygun fiyatı, ciltte tahrişe neden olmaması ve çevre dostu olması nedeniyle ticari olarak en çok kullanılan ve ilgi çeken siklodekstrin çeşididir (Singh ve Sahu, 2019). Fiziksel özellikleri bakımından beyaz, kokusuz, tatlı, nem çekmeyen, kristal toz yapıda bir maddedir. Ayrıca püskürtme, baskı, fularlama, aşılama, yüzey kaplama, emprenye, mürekkep püskürtmeli baskı veya sol jel gibi yöntemlerle tekstil mamullerine uygulanabilir olması onu diğer siklodekstrin çeşitlerinden ayırmaktadır (Bashkara-Amrit ve ark., 2011).

2. BETA SİKLODEKSTRİNİN TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDEKİ UYGULAMALARI

• 2008'de Şengöz ve Öztanır (Şengöz ve Öztanır, 2008), siklodekstrinlerin başta tekstil terbiyesi işlemleri olmak üzere biyomateryal ve eczacılıktaki kullanım

durumlarını incelemişlerdir. Sonuç olarak siklodekstrinlerin kimyasal yapıları dolayısıyla pek çok organik bileşikle inklüzyon kompleksi oluşturabildiğini gözlemlemiş, bu komplekslerin tekstil terbiye işlemlerinde yardımcı kimyasal maddelerle birlikte uygun konsantrasyonlarda kullanıldığında prosesin optimizasyonunu sağlayarak istenen sonuçların elde edildiğini rapor etmişlerdir. Ayrıca tekstil yüzeyine fonksiyonel özellik te kazandırdığını belirtmişlerdir.

• 2011 yılında yaptıkları çalışmada Bashkara-Amrit ve arkadaşları (Bashkara-Amrit ve ark., 2011), β-CD'in genel özelliklerini ve tekstil endüstrisindeki uygulamalarını araştırmak amacıyla β-CD'in tekstil yüzeyine bağlanma tekniklerini derinlemesine ele almışlardır. β-CD maddesinin, çeşitli konuk moleküller için bir konakçı görevi görüp koku ve antimikrobiyal ajanlar gibi kimyasal bileşikler salan kumaşların geliştirilmesini sağlayabileceğini, tekstil mamullerinin üzerindeki β-CD'in miktar tayininde ferrosen gibi boyarmaddelerle ile tayin edilebileceğini ortaya koymuşlardır.

• Voncina ve Vivod'ın 2013 tarihli çalışmalarında da (Voncino ve Vivod, 2013) yine benzer bir araştırma yapılmış, tekstil ürünlerine yeni işlevler kazandırmak ve onları antimikrobiyal direnç, alev geciktirme ve diğerleri gibi özel uygulamalar için uygun hale getirmek amacıyla kimyasal terbiyeleri B-CD ile yapılmıştır. Sonuç olarak siklodekstrinlerin konakçı görevi görebildiği ve çeşitli küçük moleküller ile kapsama bileşikleri oluşturabildiği görülmüştür. Bu tür kompleksler çözeltilerde, siklodekstrinlerin, kalıcı veya geçici konakçı olarak hareket edebilecekleri çeşitli yüzeylere bağlanmasıyla oluşturulabilir. Bu özellik, siklodekstrini tekstil terbiyesinde umut verici bir reaktif yapar.

• 2015'te Radu ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada (Radu ve ark., 2015) siklodekstrinlerin genel özellikleri, kompleks oluşturma yetenekleri ve değerlendirme yöntemleri üzerinde durulmuştur. Çalışma, bir siklodekstrin bileşiği kullanarak bir ilacın veya aktif maddenin tekstil yüzeyine dahil edilmesini ve cilt bozukluklarından muzdarip hastaların dermisine salınmasına veya böceklere karşı koruma için bir tekstil alt tabakasının yüzeyinde ilaç birikintilerinin oluşumuna odaklanır. Pamuklu, yünlü ve sentetik tekstil kumaşlarında kullanılan farmakodinamik ajanlar / etken maddeler ile antibakteriyel, anti-alerjik, antifungal, kronik venöz yetmezlik, sedef hastalığı ve böceklere karşı koruma amaçlanmıştır. Sonuç olarak bir lipofilik ilacın CD'lerin iç boşluğuna uygun şekilde yerleştirilerek veya hidrofobik boşluktan ya da sistem bir tekstil giysisine bağlandığında ter ile temas ettiğinde biyo-uyumlu katmanların biyolojik olarak parçalanarak kontrollü salınım yapabildiğini rapor etmişlerdir.

• Benzer bir çalışma 2017'de Scacchetti ve arkadaşları tarafından da yapılmıştır (Scacchetti ve ark., 2017). Amacı faz değişim materyalleri monoklorotriazinil (MCT) - siklodekstrin mikrokapsüllerinin uygulanmasından oluşan basit bir bitirme işlemi yoluyla antibakteriyel ve antifungal özelliklere sahip rahat pamuklu düz dokuma kumaşların üretimini incelemek olan bu çalışma sonucunda MCT–CD içinde kapsüllenmiş kekik yağı ile konjuge edilmiş faz değişim metaryellerinin enfeksiyonların, özellikle dermatofitozun önlenmesi için varsayılan klinik önemi olan termoregülasyon özelliklerine sahip malzemeler üretmek için ilginç bir seçenek olduğu sonucuna varılmıştır.

• Bezerra ve arkadaşları 2020 tarihli çalışmalarında (Bezerra ve ark., 2020) β-CD ve türevlerinin tekstil endüstrisindeki rolünü özetlemek amacıyla ilk olarak, bazı genel fizikokimyasal özellikleri ve ardından boyama, terbiye ve atık su arıtma alanlarında uygulanmasını sunmuşlardır. İnceleme, CD'nin boyamada yardımcı bir ajan olarak ve apreleme ajanı olarak kimyasal modifikasyonlar uygulanana kadar boya adsorpsiyonu için bir matris olarak rolünü kapsamaktadır. Son olarak, mikrobiyal kontrol için akıllı malzemeler gibi tekstilde kullanımı hakkında yeni perspektifler sunulmaktadır.

3. TARTIŞMA

Beta siklodekstrinler tekstil endüstrisinin yanı sıra eczacılık, gıda, kozmetik, kimya, tarım gibi birçok farklı endüstriyel alanda kullanılmaktadır. Kozmetik endüstrisinde deterjanlar, parfümler ve oda spreyleri gibi ürünlerden kontrollü koku salınımına yönelik uygulamalarda kendine yer edinen β-CD, kişisel bakım ürünlerinde ve tuvalet malzemeleri, diş macunları, cilt kremleri, pudralar gibi günlük yaşamın bir parçası olan birçok üründe kullanılır. Gıda endüstrisinde (genellikle β-CD'nin en büyük endüstri tüketicileri) kolesterolü süt, tereyağı ve yumurtalardan uzaklaştırmak, yiyecekleri korumak, lezzeti korumak ve lezzetin dağıtımı için kullanılır. Ayrıca pestisitler, herbisitler, böcek kovucular gibi ürünlerde yer almak üzere tarım endüstrisinde de uygulamaları vardır. Çevre ile ilgili uygulamalarında β-CD, organik kirleticilerin ve ağır metallerin sudan ve topraktan uzaklaştırılmasında kullanılır (Bhaskara-Amrit, Agrawal ve Warmoeskerken, 2011). β-CD'in farklı endüstriyel alanlarda bu denli çok kullanım alanına sahip olmasında şüphesiz nişasta veya sukroz kadar kararlı olup, bozulmadan senelerce saklanabilme özelliğine sahip olmalarının etkisi de vardır (Arslan, 2012). Son yıllarda popüleritesi git gide artan β-CD araştırmacıların çokça ilgisini çekmekte olup literatürde farklı endüstriyel alanlarda kullanılmasıyla alakalı birçok çalışma yer almaktadır.

KAYNAKLAR

Aniş, P. 1998. Tekstil Ön Terbiyesi.

Arslan, M. 2012. Manyetik B-Siklodekstrin Nanopartiküllerin Sentezi Ve Bazı Kiral Karboksilik Asitlere Karşı Ekstraksiyon Özeliklerinin İncelenmesi.

Avcı, A., Dönmez, S. 2008. Siklodekstrinler ve Endüstriyel Uygulama Alanları.

Bashkara-Amrit, U.R., Agrawal, P.B., Warmoeskerken, M.M.C.G. 2011. Applications of B -Cyclodextrins In Textiles.

Bezerra, F.M., Lis, M.J., Firmino, H.B., Silva, J.G.D., Valle, R.C.S.C., Valle, J.A.B., Scacchetti, F.A.P., Tessaro, A.L. 2020. The Role of β-Cyclodextrins In Textile Industry.

Bora, N., Kahraman, M.V., Kayaman, N.A., Ogan, A. 2006. Siklodekstrin Modifiye Hidrojellerde İlaç Salınımının İncelenmesi.

Eren, H.A., Avinç, O.O., Eren, S. 2018. Süperkritik Karbondioksit Akışkan Ortamında (Susuz) Pamuğun Hidrofilleştirilmesi ve Ağartılması.

Erişmiş, B. 2012. Tekstil Terbiye İşlemlerinde Ultrason Kullanımı.

Erkan, M. 2013. Pamuk Lifi İle Uyumlu Sentetik Lif Karışımlarından İplik Ve Kumaş Üretilip Özelliklerinin Karşılaştırılması.

Güzel, G. 2010. Tekstilde Pamuğun Standardizasyonunun Önemi Üzerine Bir Araştırma.

Radu, C.D., Parteni, O., Ochiuz, L. 2015. Applications of Cyclodextrins In Medical Textiles.

Saka, Z. 2019. Süperkritik Karbondioksit Akışkan Ortamında (Susuz) Pamuğun Hidrofilleştirilmesi ve Ağartılması.

Scacchetti, F.A.P., Pinto, E., Soares, G.M.B. 2017. Functionalization and Characterization of Cotton With Phase Change Materials and Thyme Oil Encapsulated In Beta-Cyclodextrins.

Singh, N., Sahu, O. 2019. Sustainable Cyclodextrin In Textile Applications.

Şahin, U.K. 2003. Pektinaz Enzimleriyle Pamuklu Tekstil Ürünlerinin Ön Terbiye İşlemlerinin Yapılması.

Şengöz, N.G., Öztanır, İ. 2008. Siklodekstrinler Ve Tekstil Uygulamaları.

Voncina, B., Vivod, V. 2013. Cyclodextrins in Textile Finishing.

r-PET (RECYCLE POLYESTER) İPLİK BOYAMA İÇİN PROSES GELİŞTİRME

İpek YILDIRAN
SYK Tekstil Ar-Ge Merkezi

Ahmet ERGÜN
SYK Tekstil Ar-Ge Merkezi

Doç. Dr. Semiha EREN
Bursa Uludağ Üniversitesi

ÖZET: Recycle polyester iplikler ile üretim yapılarak sürdürülebilir üretim sağlanması , atık tüketiminin azaltılması hedeflenmiştir. Artan nüfus artışıyla birlikte doğal kaynakların hızlı bir şekilde tükenmeye başlaması, hammadde ve enerji maliyetlerinin artması yol açmıştır. Bu durum tüm sektörlerde yeni ve sürdürülebilir kaynakların kullanımının önemini ortaya koymaktadır. Bu anlamda, teknolojinin gelişmesiyle birlikte geri dönüşüm ile ilgili çalışmaların ve uygulamaların sayısı artmaktadır. Geri dönüştürülmüş ürünlere en iyi örneklerden biri olan PET şişe atıklarının farklı sektörlerde kullanılmak üzere geri dönüştürülmesi, atık miktarını azaltmakta aynı zamanda ise doğal kaynakların korunmasına ve enerji tasarrufuna katkı sağlamaktadır. PET şişe atıklarının geri dönüştürülmesi ile elde edilen ürünler arasından geri dönüşüm polyester (r-PET) lif tekstil alanında kullanılmaktadır. PET şişe atıklarının geri dönüşümünden elde edilen r-PET lifinin tekstil ürünlerinde kullanımının artmasıyla doğa dostu, sürdürülebilir ürünler elde edilecektir.

Yapmış olduğumuz çalışmada r-PET liflerinin düzgün bir şekilde boyanabilmesi için proses geliştirilmiştir. Bu kapsamda r-PET liflerinin düzgün boyama işlemi için kullanılan kimyasal maddeler için reçete optimizasyon çalışmaları yapılmış, klasik polyester iplik boyama ile fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: recycle polyester, boyama, geri dönüşüm

ABSTRACT: It is aimed to ensure sustainable production and reduce waste consumption by producing with recycle polyester yarns. The rapid depletion of natural resources with the increasing population growth has led to the increase in raw material and energy costs. This situation reveals the importance of using new and sustainable resources in all sectors. In this sense, the number

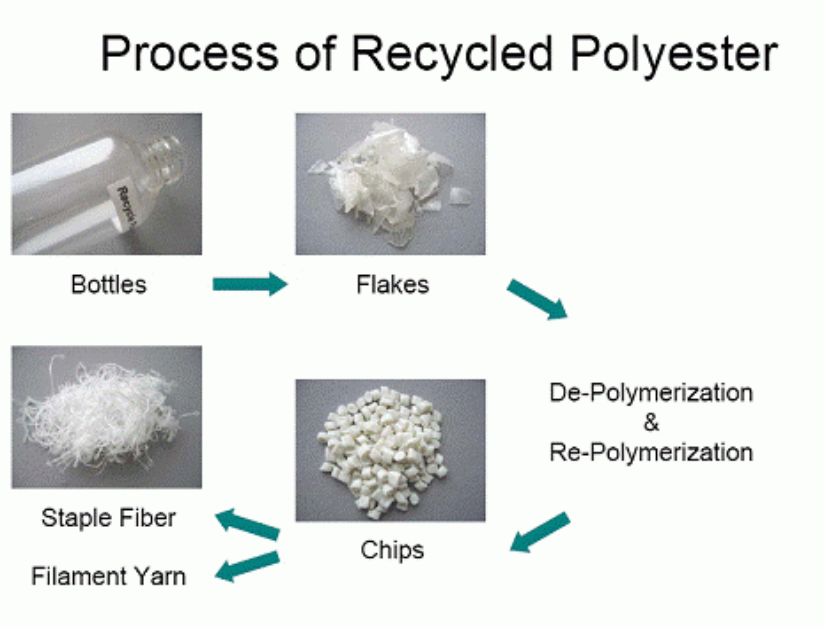
of studies and applications related to recycling is increasing with the development of technology. Recycling of PET bottle waste, which is one of the best examples of recycled products, for use in different sectors, reduces the amount of waste and also contributes to the protection of natural resources and energy saving. Among the products obtained by recycling PET bottle waste, recycled polyester (r-PET) fiber is used in the field of textile. Environmentally friendly and sustainable products will be obtained by increasing the use of r-PET fiber obtained from the recycling of PET bottle waste in textile products.In the study we have done, the process has been developed to dye r-PET fibers properly. In this context, recipe optimization studies were carried out for the chemicals used for the smooth dyeing of r-PET fibers.

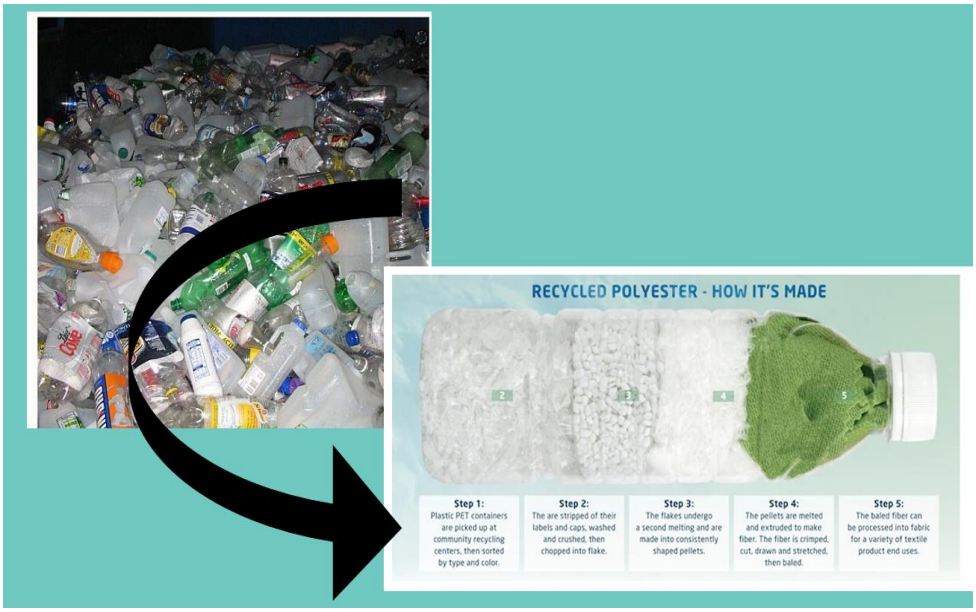
Keywords: recycle polyester, dyeing, recycle

1. Giriş

50 yıldır faaliyette olan SYK Group, ana yetkinliği tekstil olmasına rağmen Enerji, Turizm, Hayvancılık alanlarında da faaliyetlerini sürdürmektedir.Toplam 22.000 m2 kapalı alana sahip SYK Tekstil bünyesinde 240 kişi istihdam etmektedir. Üretim Alanlarımız, Dokuma, kumaş boya, iplik boya, dijital baskıdır. Dokumada armürlü ve jakarlı dokuma tezgâhları ve çözgü makinaları ile yüksek kaliteli kumaş üretimi en verimli şekilde gerçekleştirilmektedir. Kumaş boyamada modern ve farklı makine parkuru ile kumaş boyama bölümünde hem baskı altı hem düz boya kumaş üretimi yapılmaktadır. İplik boya işletmemizde,20 denye monofil polyester başta olmak üzere tüm polyester iplikler ile kesik elyaf polyester, pamuk, viskon, keten, naylon likra, poly-viskon, polypamuk gibi iplikler dünya kalitesinde boyanabilmektedir. Reggiani 16 ve 32 kafa dijital baskı makinesine sahip olmakla birlikte yıllık 4 milyon metre dijital baskı üretimi kapasitesi mevcuttur.

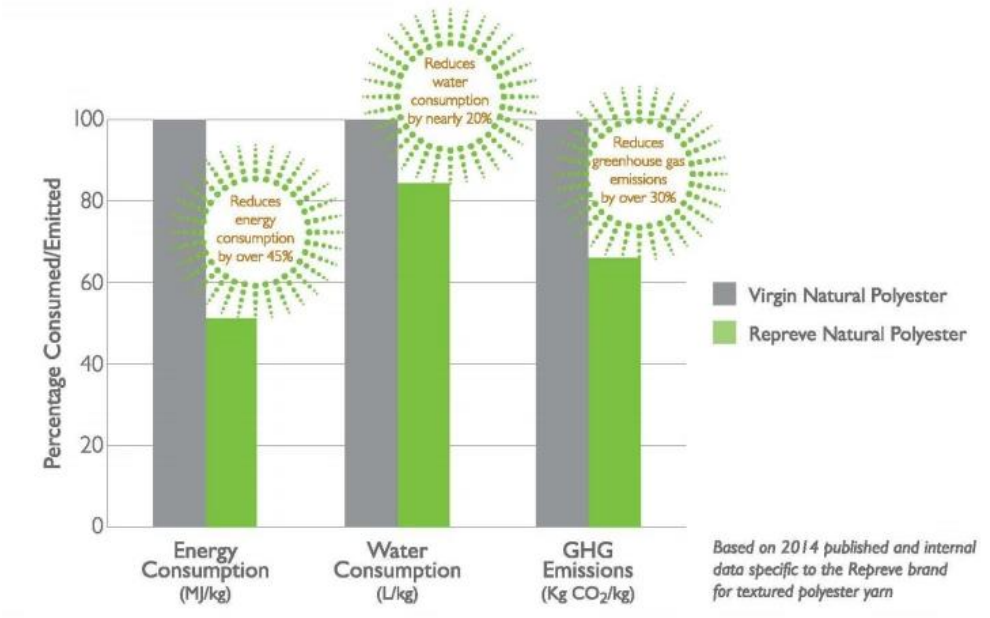
Şekil 1. Recycle polyester üretim prosesi (https://www.the-sustainable-fashion-collective.com/2015/01/29/what-is-recycled-polyester)





Geri dönüşüm sayesinde kullanım ömrünü tamamlamış ve doğada kendiliğinden çözünmeyen PET ürünlerin yeniden üretim döngüsüne sokulması başta çevresel ve ekonomik olmak üzere pek çok avantajı da beraberinde getirmektedir. • Sürekli artan dünya nüfusu ve buna karşın azalan kaynaklar, insanları yenilenebilir ve sürdürülebilir kaynak arayışına sevk etmiştir. (Lee ve diğ. 2012, Tapia-Picazo ve diğ. 2014)

Şekil 2. Recycle polyester ile klasik polyester üretimimin karşılaştırılması (https://www.sewdynamic.com/pages/why-buy-recycled)



Günümüzde poliester lifleri, PET olarak tabir edilen Polietilen Tereftalat malzemelerin geri dönüşümü ile temin edilebilmekte ve tekstil endüstrisinde hullanımı hergeçen gün artmaktadır. Son kullanıcı olan tüketicilerin çevre bilinci, son yıllarda , moda ve tekstil sektöründe istikrarlı bir şekilde artmaktadır.

Tekstil tüketiminin 2025 yılına kadar iki katına çıkması beklenmekte ve endüstri, önemli ölçüde karbon ayak izine karşı daha sürdürülebilir çözümler aramaktadır. Sentetik ürünler şu anda üretilen tekstillerin% 60'ını oluşturmaktadır. Çabuk kuruma, toparlanma ve kırışıksızlık özellikleri nedeniyle bir çok kıyafet için ideal bir kumaştır. Bu faydalar, sentetik iplikleri günümüzde vazgeçilmez kılmaktadır. PET'i

geri dönüştürülmüş polyestere dönüştürmek, işlenmemiş polyester üretmekten daha az su ve enerji kullanır. Çoğu çalışma, geri dönüştürülmüş polyester oluşturmak için işlenmemiş polyesterden% 33-53 daha az enerji kullanıldığını göstermektedir. Ayrıca, daha az CO2 emisyonu üretmekte ve yenilenemeyen kaynakların da (petrol) kullanılmasına gerek yoktur.(Reither 2010, Silva 2010, Lee ve diğ. 2012, Tapia-Picazo ve diğ. 2014)

SYK Tekstil olarak bu bilinçle çevre dostu ürünlerin geliştirilmesi için çalışmaktayız. Bu çalışmada Çevre duyarlılığı bilincinin artması ile doğa dostu ekolojik üretime duyulan ihtiyaç ve müşterilerden gelen doğal ve sürdürülebilir ürün talepleri doğrultusunda hayata geçirilmiştir.

2. Amaç

Yapmış olduğumuz çalışmanın amacı r-PET liflerinin düzgün bir şekilde boyanabilmesi için proses geliştirilmesidir. Bu kapsamda r-PET liflerinin düzgün boyama işlemi için kullanılan kimyasal maddeler için reçete optimizasyon çalışmaları yapılmış, klasik polyester iplik boyama ile fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir.

3. Materyal ve Yöntem

Çalışma, 5 adımdan meydana gelmektedir.

- 1. adım: Literatür taraması, kullanılacak olan polyester iplik özelliklerinin araştırılması, iplik seçimi ve temini
- 2. adım: İpliklerin mekanik özelliklerinin test edilmesi
- 3. adım: İpliklerin boyama işlemlerinin gerçekleştirilmesi
- 4. adım: Boyanmış ipliklerin numunelerinin mekanik özelliklerinin ve haslık testlerinin değerlendirilmesi
- 5. adım: Boyama işlemlerinin işletme koşullarında tekrarlanabilirliğinin sağlanması

3.1. Üretilen iplikler

Öncelikle aynı iliklerin klasik polyesterle aynı şatlarda boyanmaları gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada üretilen recycle ipiklerin proses şartları Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada üretilen recycle ipikler

	Kullanılan boyarmadde	**Sıcaklık (^{0}C)**	**Süre (dakika)**
50/36 Tex img recycle siyah	Dıanıx Black S-R	130	45
50/36 Tex img recycle LİLA	Dıanıx Vıolet S-4r Bemacron Smarty Yellow Ee Bemacron Smart Blue Ee	130	20
50/36 Tex img recycle BEJ	Bemacron Smarty Yellow Ee Bemacron Smart Red Ee Bemacron Smart Blue Ee	130	20

Şekil 3. Üretilen Recycle İplikler

4. Bulgular

r-PET (Recycle Polister) ipliklerin haslık test sonuçları ve klasik PET (Polister) ipliklerin haslık test sonuçları Tablo 2 ve Tablo3' de verilmiştir.

Tablo 1. R-PET (Recycle Polister) İpliklerin Haslık Test Sonuçları

	İplik Cins No	Yıkama renk haslığı (TSE EN ISO 105-06)	Sürtünme renk haslığı (TSE EN ISO 105-X12)	Suya Karşı Renk Haslığı (TSE EN ISO 105-E01)	Tere karşı renk haslığı (TSE EN ISO 105-E04)
1	50/36 tex img ***recycle*** SİYAH	4-5	4-5	4-5	4-5
2	50/36 tex img ***recycle*** LİLA	4-5	4-5	4-5	4-5
3	50/36 tex img ***recycle*** BEJ	4-5	4-5	4-5	4-5

Tablo 2. R PET (Polister) İpliklerin Haslık Test Sonuçları

	İplik Cins No	Yıkama renk haslığı (TSE EN ISO 105-06)	Sürtünme renk haslığı (TSE EN ISO 105-X12)	Suya Karşı Renk Haslığı (TSE EN ISO 105-E01)	Tere karşı renk haslığı (TSE EN ISO 105-E04)
1	50/36 tex img ***klasik*** SİYAH	4-5	4-5	4-5	4-5
2	50/36 tex img ***klasik*** LİLA	4-5	4-5	4-5	4-5
3	50/36 tex img ***klasik*** BEJ	4-5	4-5	4-5	4-5

Her ipliğe performans testleri yapılmış, yeni uygulanan işlemlerin ipliklerin kopma mukavemetleri üzerine olumsuz bir etkilerinin de olmadığı görülmüştür.

5. Sonuç

Petrol kaynaklarının azalması ve yetersiz duruma gelmesi, araştırmacıları doğal ve sürdürülebilir kaynaklar arayışına sevk etmektedir. Ayrıca var olan petrol türevli, kullanım ömrünü tamamlamış olan materyallerin tekrar üretim döngüsüne dahil edilerek değerlendirilmesi de sürdürülebilirlik politikası için önemli bir adımdır. Bu çalışmada Recycle Poliester ipliklerin boyama reçeteleri oluşturulmuş, boyama işlemi sorunsuz gerçekleştirilmiş ve test sonuçlarına göre klasik polyester ile farklı olmadığı görülmüştür.

Dolayısıyla r -Poliester iplikler kumaş konstrüksiyonuna dahil edildiğinde nihai kumaşın mekanik ve kimyasal özellikleri değişmeden çevre dostu ve sürdürülebilir yeni ürünler geliştirilebilecektir.

Kaynaklar

Lee, S. Y., Won, J. S., Yoo, J. J., Hahm, W. G., & Lee, S. G. 2012. "Physical properties of recycled polyester yarns according to recycling methods."Textile Coloration and Finishing, 24(1), 91-96.

Tapia-Picazo, J. C., García-Chávez, A., Gonzalez-Nunez, R., Bonilla-Petriciolet, A., Luna-Bárcenas, G., Champión-Coria, A., & Alvarez-Castillo, A. 2014. Performance of a modified extruder for polyester fiber production using recycled pet. Revista Mexicana de Ingeniería Química, 13(1), 337-344.

Reither, John R. 2000. "Industrial fabric and yarn made from recycled polyester." U.S. Patent No. 6,147,128. 14 Nov.

Silva, Edmir. "Recycled Polyester And Its Physıcal Propertıes."

https://www.the-sustainable-fashioncollective.

com/2015/01/29/what-is-recycled-polyester

https://www.sewdynamic.com/pages/why-buy-recycled

NANOPARTİKÜL KATKILI POLİMER KOMPOZİT İLE KAPLI FARKLI KUMAŞLARIN EMD GEÇİRGENLİKLERİNİN İNCELENMESİ

M. Zafer BELİRGEN
Hacettepe Üniversitesi

G. Bayazit SEKİTMEN
Hacettepe Üniversitesi

Doç. Dr. A. BACIOĞLU
Hacettepe Üniversitesi

Prof. Dr. S. İDE
Hacettepe Üniversitesi

ÖZET: Elektronik teknolojisi ve telekomünikasyonun son yıllardaki gelişimi ile, insanların ve cihazların maruz kaldıkları, elektromanyetik kirlilik olarak değerlendirilen, istenmeyen sinyallerin varlığı oldukça artmıştır [1,2]. Özellikle 5G teknolojisinin getireceği etkiler bu bağlamda sorgulanmaktadır [3]. Elektromanyetik sinyallerin çevre üzerindeki etkisini azaltmak için, küçük yoğunlukları, düşük maliyetleri ve kolay şekillendirilebilmelerinden faydalanmak amacıyla, polimer temelli, nanoteknolojik malzemelerin tasarımına önem verilmektedir [4].

Bu çalışmada, öncelikle, farklı oranlarda CNT, Grafen ile yeni tasarım polimer temelli nanokompozit yapılar hazırlanmıştır. Farklı tipte kumaşlar üzerine bu kompozitler jel fazında uygulanmaktadır. Çalışmanın ilk evresinde, özgün nanokompozitlerle kaplanan farklı kumaş örneklerin EMD (radyo, UV, X-Ray) etkileşimleri araştırılmıştır. Hedef olarak, SWAXS (X-Işını Küçük ve Geniş açı Saçılması) analizleri sonucunda belirlenen nano yapılar ile örneklerin Elektromanyetik geçirgenlikleri (EMD ekranlama etkinlikleri) ilişkilendirilerek geliştirilmeye çalışılmaktadır.

İlk bulgulara göre, EMD ekranlama etkisi bulunmayan keten kumaş örnekler, %3 CNT kodlu nanokompozit ile kaplandığında, 1,5 – 10,0 GHz aralığında ölçümler yapıldığında, soğrulma oranının artmasına ve malzemeye yaklaşık 9 dB'lik ekranlama etkinliği kazandırılmasına neden olunmuştur. Kaplama işlemi sonucunda aynı malzemenin, 350-700 nm dalgaboyu aralığındaki (yakın UV, görünür ve yakın IR) elektromanyetik dalgalar için geçirgenliğinin azaltıldığı ve soğurma özelliğinin de artırıldığı belirlenmiştir. Keten kumaşın

doğal yapısında var olan hacimsel nano parçacıklar 97,7 ± 0,9 Å'luk yarıçapa sahipken, kaplama işlemi sonrası morfolojiler çekirdek kabuk modeline dönüşerek küresel formda 75,7 ± 0,1 Å yarıçapa ulaşmışlardır. Yapılan bu çalışma ile nano yapı-ekranlama özellik ilişkisi çok sayıda farklı kumaşlar için de sürdürülmektedir.

Anahtar Kelimeler: CNT, GRAFEN, POLİMER KOMPOZİT, SAXS, EMD EKRANLAMA

Investigation of EMD Permeability of Different Fabrics Coated With Nanoparticle Additive Polymer Composite

ABSTRACT: Due to the development of electronic technology and telecommunications in recent years, the presence of unwanted signals, that are considered as electromagnetic pollution, to which people and devices are exposed, has increased considerably [1,2]. The effects of 5G technology are questioned in this context [3]. To reduce the impact of electromagnetic signals on the environment, the design of polymer-based, nanotechnological materials is emphasized in order to benefit from their small density, low cost and easy formability [4].

In this study, firstly, new design polymer-based nanocomposite structures were prepared with different proportions of CNT and Graphene. These composites are applied in gel phase on different types of fabrics. In the first phase of the study, EMW (radio, UV, X-Ray) interactions of different fabric samples coated with original nanocomposites were investigated. As a goal, it is tried to be developed by correlating the electromagnetic permeability (EMW shielding effectiveness) of the samples with the nano structures determined as a result of SWAXS (X-Ray Small and Wide-angle Scattering) analysis.

According to preliminary findings, when linen fabric samples without EMW shielding effect were coated with 3% CNT-coded nanocomposite, when measurements were made in the range of 1.5 - 10.0 GHz, the absorption rate increased, and the material gained about 9 dB of shielding efficiency. Because of the coating process, it was determined that the permeability of the same material for electromagnetic waves in the 350-700 nm wavelength range (near UV, visible and near IR) was reduced and the absorption property was increased. While the volumetric nanoparticles existing in the natural structure of the linen fabric have a radius of 97.7 ± 0.9 Å, the morphologies after the coating process turned into a core shell model and reached a radius of 75.7 ± 0.1 Å in the spherical form. With this study, the Nano structure-shielding property relationship is maintained for many different fabrics.

Keywords: CNT, GRAPHENE, POLYMER COMPOSIT, SAXS, EMW SHIELDING

1. Introduction

One of the most basic methods used to effectively reduce the level of electromagnetic signals is to create a Faraday Cage using metal-based designs [5]. When the uses of metal structures are evaluated, there are undesirable aspects such as forming and machining difficulties, high density, low flexibility, sensitivity to moisture and corrosion. In the last two decades, emphasis has been placed on the design of polymer-based, nanotechnological materials in order to benefit from their small density, low cost and easy formability. There are many studies on electromagnetic shielding nanocomposites working based on absorption [4].

The use of both natural and synthetic polymers stands out as the basic material. It is formed through the polymerization of many small molecules known as monomers. These materials, which have a larger molecular mass than small molecule compounds, and which tend to form hardness, high elasticity, viscoelasticity and amorphous and semi-crystalline structures instead of crystal, exhibit unique physical properties. However, most polymer materials are generally almost transparent to electromagnetic signals due to their electrical insulation properties. In other words, their direct use does not provide any electromagnetic protection. In order to eliminate the electromagnetic transparency disadvantage of the polymers, the focus is on composite structures containing conductive nanoparticles and obtained with homogeneous dispersions in appropriate concentrations into the polymer matrix. By combining such materials with polymers, durability is increased, and high elastic modulus values can be achieved. Thus, while the total reflection formed on the surface is limited, it is also a desirable feature to absorb the radiation power by the conductive nanoparticles through internal emission. With the preparation of carbon nanotubes in 1991 and graphene nanoparticles in 2004, new technologies have been developed. Many studies have been carried out in the literature by predicting the superior properties that nanostructures will gain [6]. The unique electronic structures of newly prepared composites can cause metal-like semiconductor properties. In addition, the symmetry of Graphene and the atomic arrangement and conductivity properties of the CNT are theoretically more remarkable than metal structures [7]. Today, such materials are tried to be synthesized in a way that their dimensions and structures are controlled and at low cost.

2. Sample Preparation

The present studies were based on Multi-Wall Carbon Nanotubes (MWCNT) and Graphene materials (Table 1 - Table 2). Different weight percentage of nano

particles were prepared as Graphene, 2%, 4%, 6% wt for Graphene and 2%, 3%, 4 % wt for CNT.

Table 1 MWCNT Features

MWCNT Features	
Average Diameter	5-10 nm (TEM Measurement)
Average Length	10-30 µm (TEM Measurement)
Carbon Purity	95+ % (TGA Measurement)

Table 2 Graphene Features

Graphene Features	
Diameter	5-10 nm
Thickness	5-10 nm
Surface Area	150 m^2/g
Purity	<99 %
Bulk Density	~0.05 g/cm^3
Raman Spectra ID/IG Rate	0.08

In practice, it was preferred to Plastomer material, which can be easily applied to materials by spraying method in pressure tubes. The Spraying was applied to the fabric surface for 3 seconds from a distance of 15 cm.

The usage of the liquid form of "xylene" as polymer material supplied great advantages on preparation its nano-sized CNT and Graphene doped forms.

As the polymer matrix structure, 40-60% xylene, 25-40% naphtha (petroleum), hydrodesulfurized s, 330-51-T plastomer produced by Sintaş Boya ve Kimya San Ltd. Şti, Table 3.

Table 3 Plastomer Features

Plastomer Features	
Appearance	Colorless Liquid
Smell	Characteristic
Relative Density	0.86 g/mL, 20 °C
Resolution	insoluble in water
Viscosity	50 Ku, 20 °C

The density of the colorless mixture without nanoparticles was in the range 0.84-0.91 g / mL at 20 ° C, while the viscosity at the same temperature was determined to be 50 KU (Krebs units).

The materials were mixed and pressurized in liquid form in sealed spray tubes at 4.20 atm at ambient temperatures.

Linen, Steel based, Silver Based weaving Fabrics were chosed as substrate because of their easy forming to prepare coated samples to fit in the sample holders of the measurement devices.

In the present study, the state-of-the-art research was realized in design and characterization of polymer/carbon-based composites as nanostructured EMI shielding materials. The newly designed nanographene/CNT doped polymer gels were applied on the fabric substrates (ST, SG, etc. coded) by using spray coating method. The measurements (to determine electromagnetic shielding effectiveness) were performed according to ASTM D4935-10 [8]. The prepared materials (before and after the coating) were also structurally investigated in molecular, nanoscopic and microscopic scales by using several complementary experimental (SAXS, WAXS) methods.

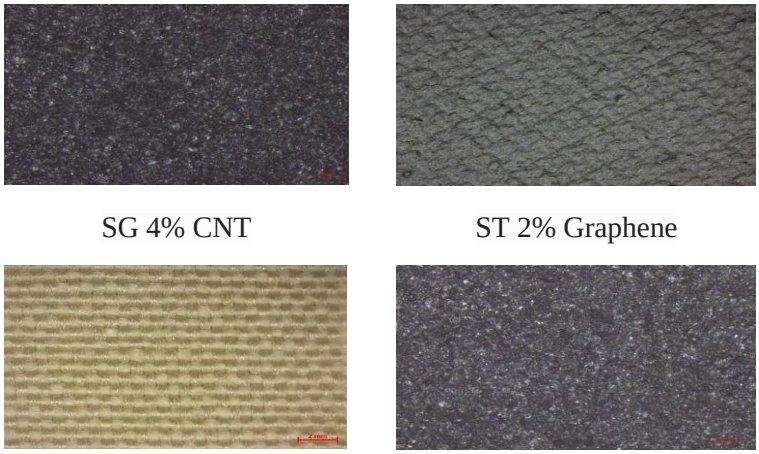
3. Microscopic Views

The visual inspection of the surface at a macro level, without damaging the sample (without any additional coating for imaging) were initially performed. It is expected to obtain information about the substrate for which the coating is planned, the topology of the surface and the cleaning of the surface before the application, that is, the absence of undesirable materials on the surface. It is aimed to determine the changes and differences that will occur between the coating stages in the application process, to determine the level of the material spread on the surface properly, and to determine the conditions of clumping, aggregation, cracking, and breaking that may occur on the surface at the macro level.

Figure 1. Zeiss System 508 Stereo Microscope with 8:1 (left)

Zoom Zeiss Axiocam ERc 5s Color Microscope Camera 5 MegaPixel

After working with various fabric samples and their coated forms, it was determined that three different fabrics and three different coating materials are comparetively important then the others, according to their better screening properties. These materials were visuliated in Figure 2.



SG 4% CNT ST 2% Graphene

Linen No Coating Linen 3% CNT

Figure 2. Microscopic views of the selected samples after coating prosedure

4. SAXS Measurements

In the Small Angle (~0,3 - 4°) and Wide Angle (~17-27°) X-Ray Scattering methods (SAXS and WAXS), the scattering is realized by the electrons in the structure just like in that of X-ray diffraction method. Therefore, the method is based on the detection of the electron density difference. The basic scheme of the simultaneously SAXS and WAXS. SWAXS measurement setup are given in Figure 3.

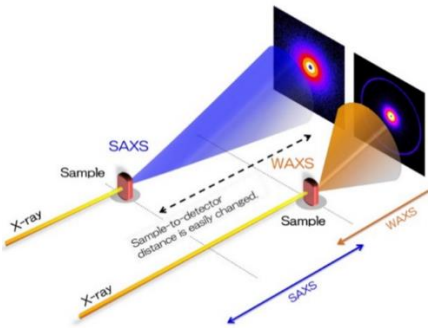


Figure 3. SWAXS Measurements Setup

With the SAXS / WAXS method, the small and wide angle scattering X-Ray intensities from the studied sample are obtained according to the value of $\vec{q}$(scattering vector), which is a function of the scattering angle. Then Information about the structure is obtained from these data using some analysis tools.

The most important feature that makes the Small and Wide Angle X-Ray Scattering method a powerfull complementary method which is sensitive to electron density localisations in sizes ranging from a few angstrom (Å) to 100 nanometer (nm).

With well-directed X-rays with a wavelength of 0.02-0.40 nm, SAXS can examine the structure of nanoparticles and substances containing density variations (different formations) with a size between 0.1-100 nm.

The determination of the microscale or nanoscale structure of particle systems in terms of such parameters as averaged particle sizes, shapes, distribution, and surface-to-volume ratio [9,10].

In the evaluation of SAXS data, 3-dimensional (3D) structures of the formations can be modeled by using different programs [11,12,13]. In these modeling processes, the nano structures in each material to be examined are shaped with different mathematical relations. The method is accurate, non-destructive and usually requires only a minimum of sample preparation.

The measurements was made with the HECUS X-Ray system within the Physics Engineering Department of Hacettepe University, as seen in Figure 4. The system has linear X-ray collimation and a copper target (λ = 1.54 Å). All of our sample measurements were made at room temperature and with a test time of 5 minutes. The sample holders may be seen in Figure 5.

Figure 4. HECUS X-Ray system

Figure 5. Sample Holder

The scattering profiles and maximum X-ray scattering intensities for coated and uncoated linen material are shown in Figure 6.

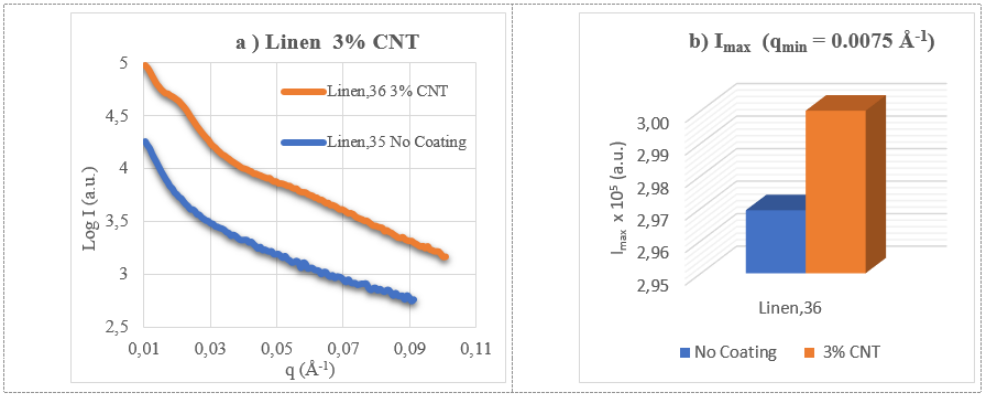


Figure 6 a) X-ray scattering for coated and uncoated linen material

b) I_{max} at q_{min} = 0.0075 $Å^{-1}$ for coated and uncoated linen material

At the end of the SAXS analysis (by using Igor Macro Analysis programs), the gyration radii values were determined by curve fitting with indirect Moore model. The obtained GNOM files were modeled with the DAMMIN program and information was obtained about the shapes of nano-nanoparticles (Pink images). It will be evaluated that the structures are in Core Shell structure.

The pair distance distributions (PDDs), Calculated Radius of gyration (R_g) and the shapes of nanoparticles (as Pink Color) of the coated and uncoated linen materials are shown in Figure 7. PDDs,.

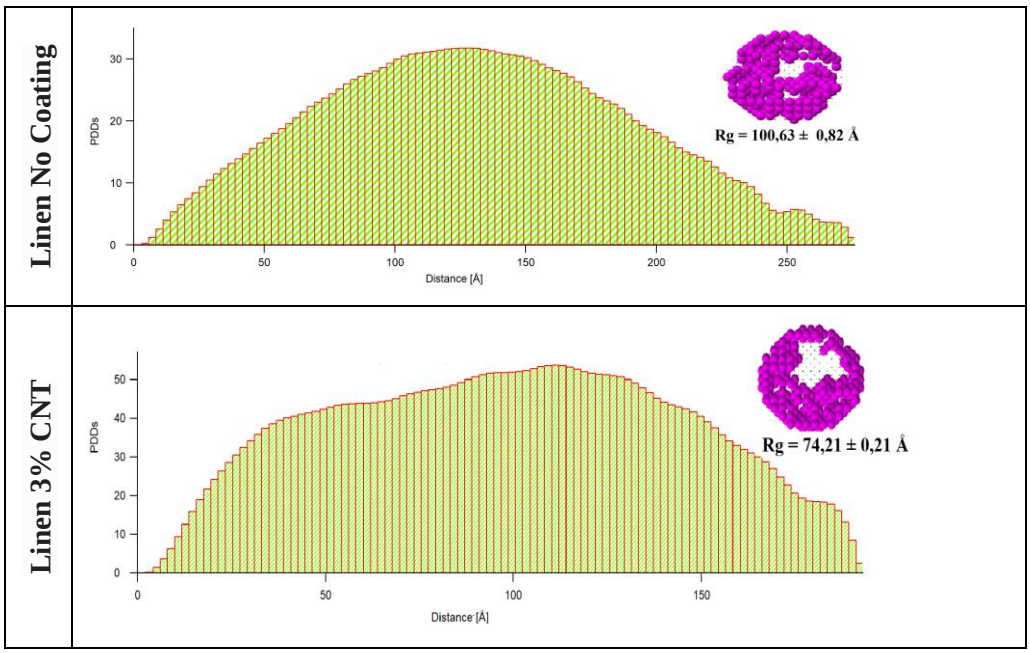


Figure 7. PDDs, R_g and the shape of nanostructures of the coated and uncoated linen materials

As the coating process is applied or the number of layers increases, the X-Ray scattering effect on the material also increases. The smaller nano formations, the more the intensity value increases, as their number increases and further analysis will continue. Figure 8. shows two simple illustrations of coated fabrics. Upper levels of the coated fabrics are simulating nanoscale diffusion of the nanostructured polymer composites and the other structural details as model.

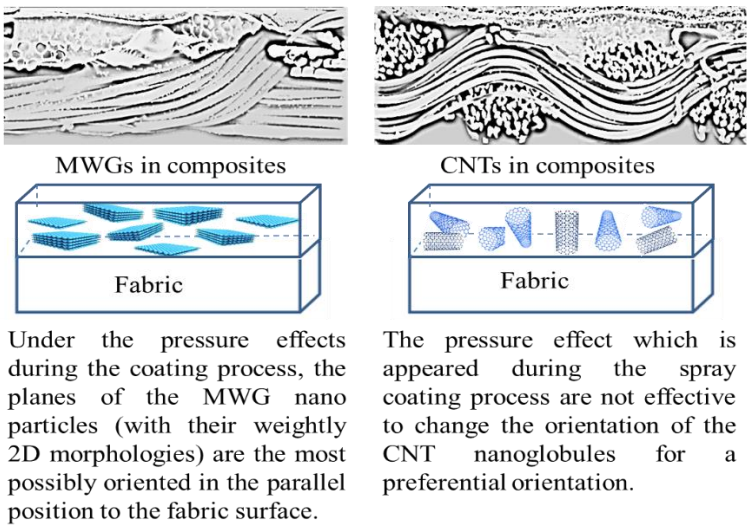


Figure 8. Structural description of the macroscopic and nanoscopic scaled coating

5. Shilding Theory for Plain Wave

The shielding theory is derived by Maxwell's equations. Also, can be arranged for infinitely thin plate according to Schelkunoff [14]. The detailed description of this theory was illustrated by Ott [15] and developed by Schulz, Plants & Brush [16].

SE is ratio of power received with and without a material present for the same incident power. *SE* is usually expressed in decibels (dB) by the following equation:

$$SE = 10 \log \frac{P_1}{P_2}$$

where:

P_1 = received power with the material present, and

P_2 = received power without the material present.

According to these equations, SE will have a negative value if less power is received with the material present than when it is absent.

The S11 (or S22) and S12 (or S21) are the scattering parameters (S-parameters) of the two-port vector network analyzer (VNA) system and are shown schematically in Figure 9. They represent the reflection and transmission coefficients, respectively.

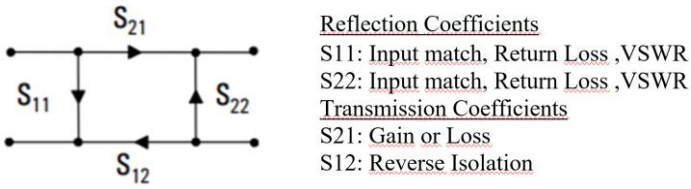


Figure 9. S-Parameters of the two-port vector network analyzer (VNA)

When an EM wave penetrates into a conductive material, its strength decreases exponentially as it travels through the thickness. The skin depth is defined as the distance at which the electric field decreases to (1/e) of the incident strength [17].

$$\delta \cong \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \sigma}}$$

The transmittance (T), reflectance (R), and absorbance (A) through the shielding material can be described as below Figure 10:

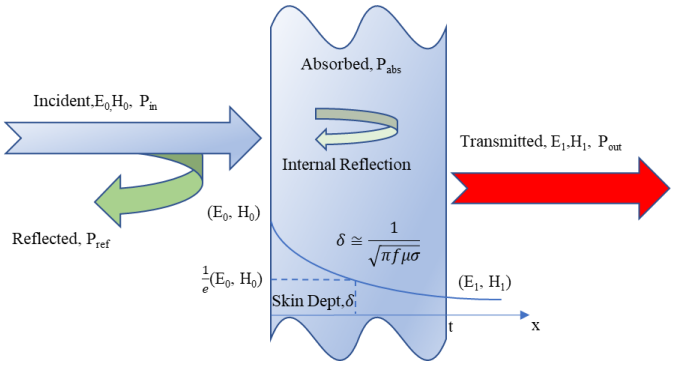


Figure 10. Incident, Reflected,Abrobed and Transmitted Signals.

$$R = |S_{11}|^2 = \frac{P_{ref}}{P_{in}}$$

$$T = |S_{21}|^2 = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

$$A = \frac{P_{abs}}{P_{in}} = 1 - |S_{11}|^2 - |S_{21}|^2$$

$$A = 1 - R - T$$

The SE is obtained by using the normalized transmitted power [18], and it can also be written as a sum of SER and SEA [19,20,21]. The multiple-reflection can be disregarded if the shield is thicker compared to the skin depth [22].

$$SE = 10\log_{10}\left|\frac{1}{|S_{21}|^2}\right| = 10\log_{10}\frac{1}{1-|S_{11}|^2} + 10\log_{10}\frac{1-|S_{11}|^2}{|S_{21}|^2} = SE_R + SE_A$$

$$SE_{dB} = S_{21,Reference} - S_{21,Sample}$$

SE can be expressed in terms of SEA and SER for composites that were tested in this study, since the thicknesses of samples are significantly greater than the skin depth for the frequency range of GHz. When the multiple-reflection effect is negligible, the transmission factor

T in dB can be used to estimate SEA as 10 log T.28

6. EMW SE Measurements

ASTM-D4935 This test method provides a procedure for measuring the electromagnetic (EM) shielding effectiveness (SE) of a planar material for a plane, far-field EM wave.

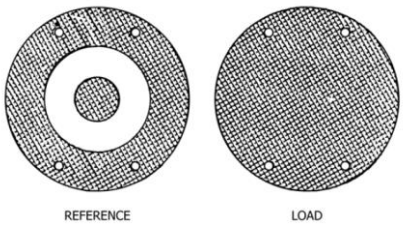


Figure 11. ASTM-D4935 Reference and Load Specimen

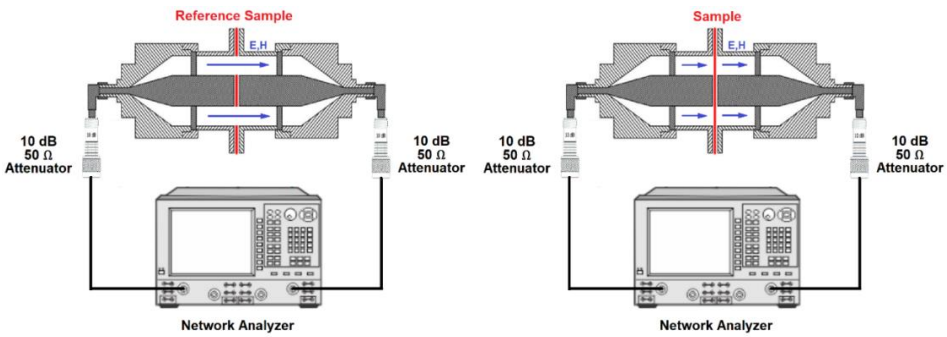


Figure 12. Test Setup for Reference and Sample Material

Figure 13 Measurement Setup

The system measurements can be calibrated using the gold witness sample. The parameter of the gold material is known values in Figure 14.

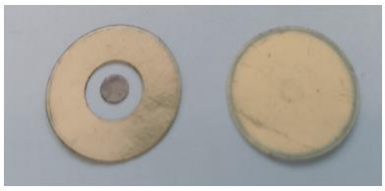


Figure 14 Gold Reference and Sample Material for Calibration of the system.

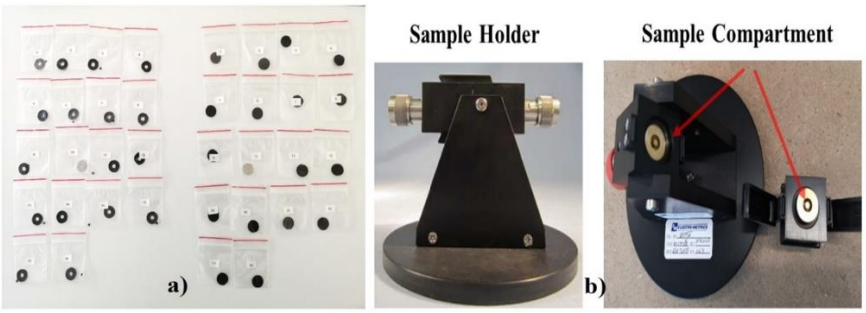


Figure 15 a) Reference and Samples about 50 different alternatives b) Sample Holder and Sample Compartment

The experimental results related to reflection, transmission and absorption may be followed by using Figure 16.

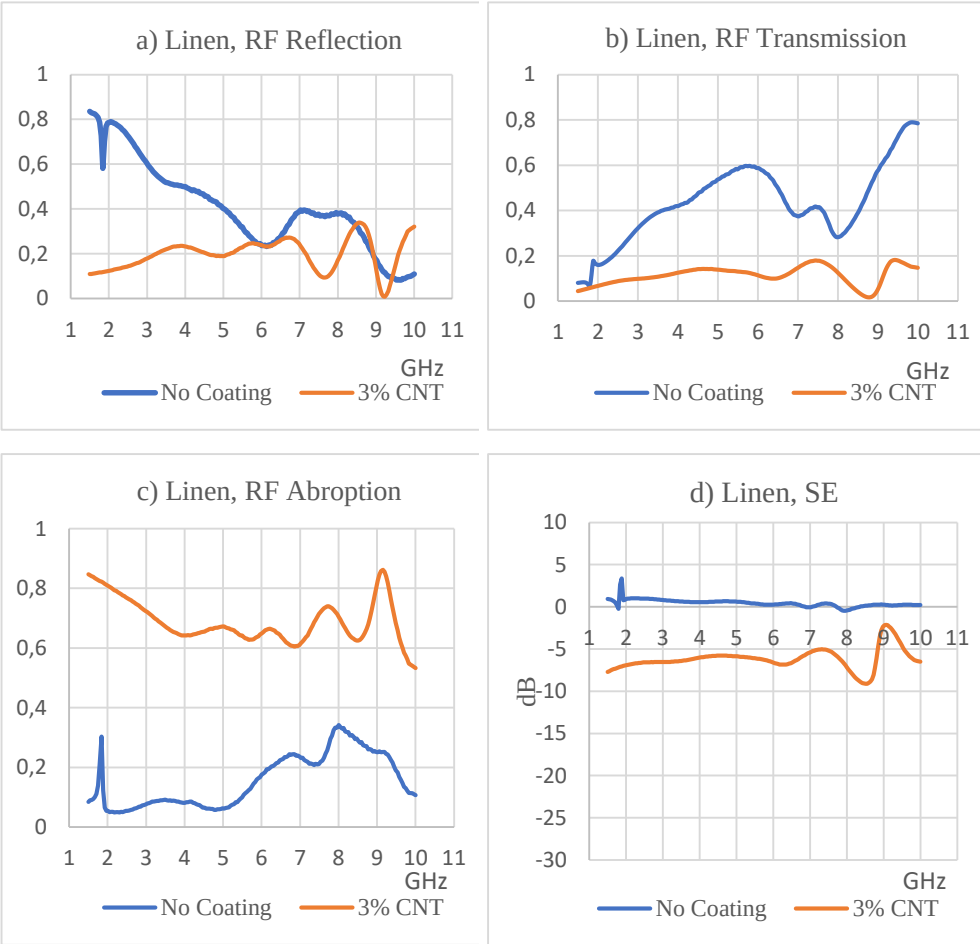


Figure 16 ***Reflection, Transmission, Absorption and Shielding Effectiveness, SE Measurements*** *of the coated and uncoated linen materials*

Reflection and transmission are decreasing while absorption increases. So, the results are recordable for EM absorbing designs.

Shielding efficiency, SE, for Graphene and CNT nanocomposite applications increases with the increase in the number of layers on the same type of fabric. Although the SG coded fabric has self-shielding efficiency properties, this shielding efficiency value has also increased with the application of the coating process in layers in Figure 17.

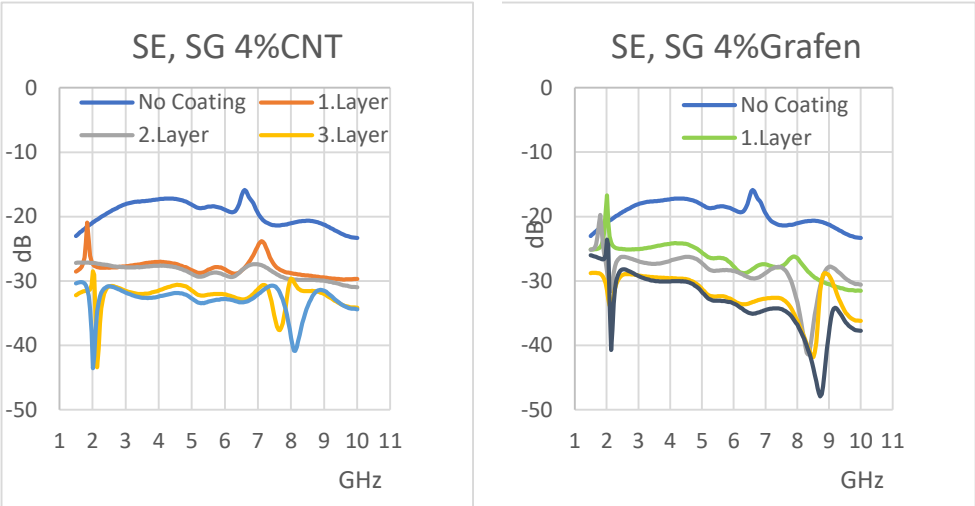


Figure 17. Layer Coating Application Results

According to above mentioned analyses, these may be said that,

- this coating material is very convenient for different type of fabrics.
- the SE is more recordable for CNT application respect to that of Graphene

When the same coating process with 3% CNT is applied to two different fabrics, linen and steel woven-based (SG-coded) fabrics, the measured values are given in Figure 17. Even if the steel woven based fabric has a shielding efficiency value, it shows an increase in a similar rate and characteristic with linen, which does not naturally have this feature.

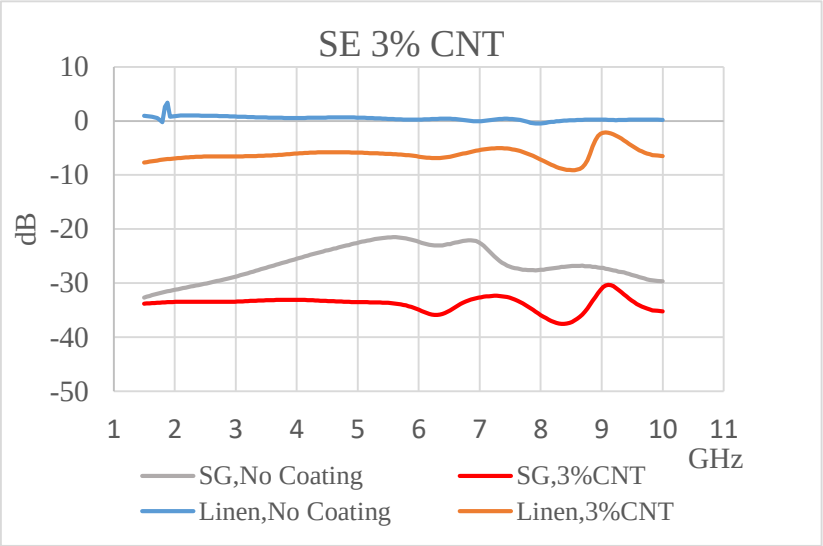


Figure 18. Different Fabrics with 3% CNT Coating SE Results

The general characteristics of the coated fabrics' SE graphics are very similar. The characteristics of the CNT composite coating are very similar for two type of fabrics with EMW shielding effects and without SEs.

After the coating process with 3% CNT was applied to two different fabrics, linen and steel woven-based fabric, then the second layer was coated with 4% Graphene and the measured values are given in Figure 19. When Graphene was applied as the second layer, the effect of the CNT coating alone was partially reduced.

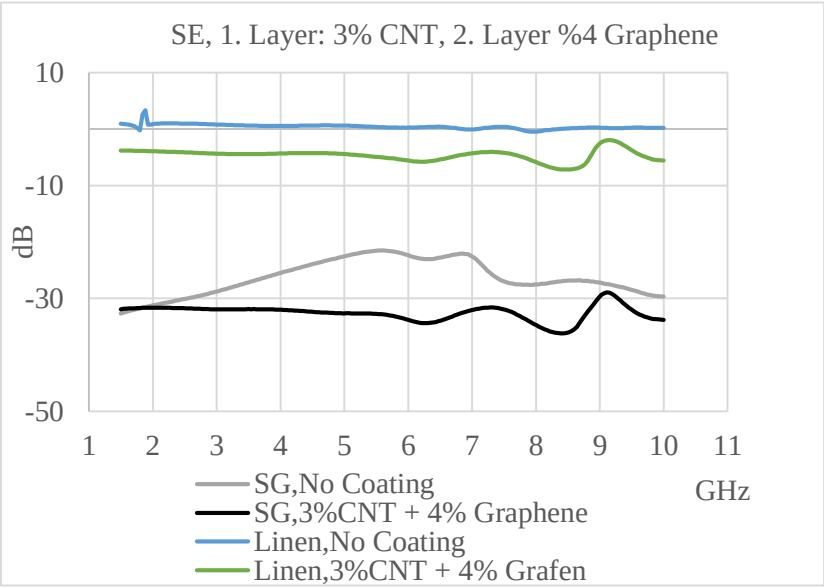


Figure 19. 1. Layer 3% CNT 2. Layer 4% Graphene caoting SE Measurements

7. EMW Analyses on nUV-VIS-nIR (350-700 nm) bands

Optical transmission spectra depending on the wavelength of the samples were measured. The experimental system in the UV laboratory (in Hacettepe University, Department of Physics Engineering) was used. The basic components of the optical transmittance measurement setup are quartz halogen lamp, lamp power supply, monochromator and detectors used to measure light intensity.

Although the reflection values of the samples appear to decrease relatively with the application of the coating process in Figure 20, it is evaluated that the coating increases the absorption at this wavelength by effectively decreasing the permeability.

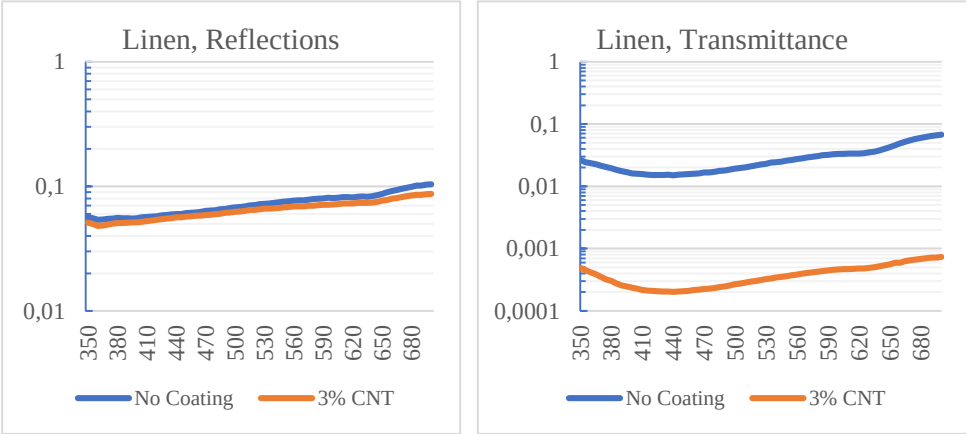


Figure 20. Linen, nUV-VIS-nIR (350-700 nm) measurements

Also, different fabric substrates are coated with 3% CNT and the measurements are given in Figure 21. The best reflection properties of all samples were observed at wavelengths of 640-700 nm (7.5% -9.0%). Nevertheless, although there is an increase in transmittance in the same wavelength range, the examples showing the least permeability are HS and Gray samples. Although SG and Linen show similar transmittance behavior against wavelengths in the 350-700 nm range, the minimum transmittance range was observed for these two samples at 425 nm. Again, for these two samples, the permeability increases after 625 nm.

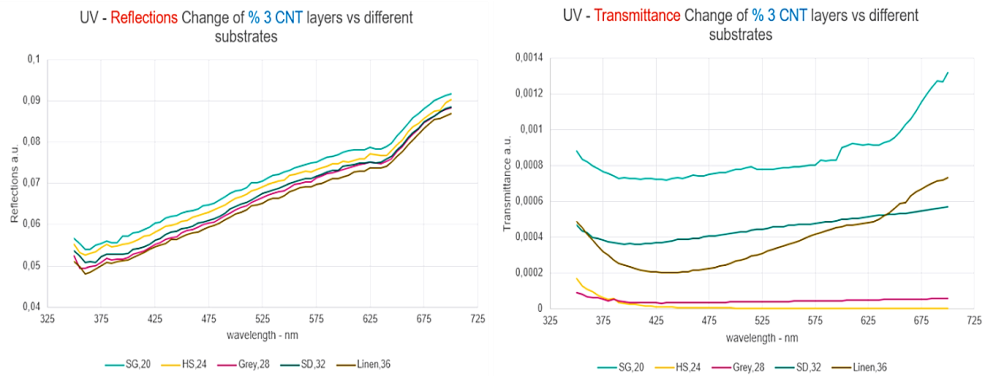


Figure 21. 3% Coating with different substrates

8. Results and Conclusions

The following general results may be briefly given at the end of the present researches.

• Newly designed coating materials are causing and developing shielding effect.

• CNT usage is more effective on shielding than that of Graphene.

• Nano structural characterizations and distance distributions are evidence of nanoscaled controlled structural properties. Uniform distribution is also very important for fabric coating and the results are indicating uniform distributions of the nanoglobules.

As conclusion and the planned near future scientific vision, these may be said that,

• Further work is going on to improve the SE of the materials and the impact of their usage in defence industry.

• The materials to be obtained within the scope of this project will be compatible with electromagnetic environment requirements, increased electromagnetic shielding efficiency, much more functional, improved ease of use and potential, and durable structures that can be used instead of metal structures will be gained.

• Thus, if it is used in military equipment designs, it will provide effectiveness in the direction of resistance to the electromagnetic field created by RF devices such as radar and radio system on the carrier platform and friendly platforms.

• It is predicted that it can be used as a protective material in space applications in the nUV Band.

• In addition, it can be used as a camouflage material to hide the units that may be targeted by IR Camera and IR Guided Missiles in the IR band.

References

A. A. Barba, G. Lamberti, M. D'Amore, and D. Acierno, Polym. Bull. 57,587 (2006).

ASTM D4935 - 10 Standard Test Method for Measuring the Electromagnetic Shielding Effectiveness of Planar Materials.

D. I. Svergun and M. H. J. Koch, "Small-angle scattering studies of biological macromolecules in solution," Reports Prog. Phys., vol. 66, no. 10, pp. 1735–1782, 2003.

D. I. Svergun, "Restoring low resolution structure of biological macromolecules from solution scattering using simulated annealing.," Biophys. J., vol. 76, no. June, pp. 2879–2886, 1999.

Darrell M. West,"How 5G technology enables the health internet of things", Center for Technology Innovation at Brookings, July 2016.

Ericsson Inc, "More than 50 Billion Connected Devices-Taking connected devices to mass market and profitability," 2011. https://vdna.be/publications/Wp-50-Billions.Pdf

I. N. Serduk, N. R. Zaccai, and Zaccai, Methods in Molecular Biophysics. Cambridge University Press, 2007.

J.-M. Thomassin, et al., Mater. Sci. Eng. R (2013), https://doi.org/10.1016/j.mser.2013.06.001

L. Olmedo, P. Hourquebie, F. Jousse, in: H.S. Nalwa (Ed.), Handbook of Organic Conductive Molecules and Polymers, JohnWiley and Sons Ltd., Chichester, 1997, p. 367.

M. V. Petoukhov, P. V. Konarev, A. G. Kikhney, and D. I. Svergun, "ATSAS 2.1 - Towards automated and web-supported small-angle scattering data analysis," in Journal of Applied Crystallography, 2007, vol. 40, no. SUPPL. 1.

Ott, H.W., 2011. Electromagnetic compatibility engineering. John Wiley & Sons.

P. Baltre and R. Buckus, "Measurements and analysis of the electromagnetic fields of mobile communication antennas," Measurement, vol. 46, no. 10, pp. 3942-3949, 2013.

P. S. Neelakanta, Handbook of Electromagnetic Materials: Monolithic and Composite Versions and Their Applications (CRC Press, 1995), p. 447.

P. Saini, V. Choudhary, B. P. Singh, R. B. Mathur, and S. K. Dhawan, Mater. Chem. Phys. 113, 919 (2009).

P. V. Konarev, M. V. Petoukhov, and D. I. Svergun, “MASSHA - A graphics system for rigid-body modelling of macromolecular complexes against solution scattering data,” J. Appl. Crystallogr., vol. 34, no. 4, pp. 527–532, 2001.

S. A. Schelkunoff, Electromagnetic Waves. Princeton. NJ: D. Van Nostrand, 1943.

S. Jonathan Chapman, David P. Hewett, and Lloyd N. Trefethen Mathematics of the Faraday Cage, https://doi.org/10.1137/140984452 SIAM Rev., 57(3), 398–417. (20 pages)

Schulz, R.B., Plantz, V.C. and Brush, D.R., 1988. Shielding theory and practice. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 30(3), pp.187-201.

Seunghun, H., Myung, S. 2007. “Nanotube Electronics: A Flexible Approach to Mobility,” Nature Nanotechnology, vol.2, p.207 - 208.

T.A. Saleh, Nanomaterials: Classification, properties, and environmental toxicities https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101067

Z. Liu, G. Bai, Y. Huang, Y. Ma, F. Du, F. Li, T. Guo, and Y. Chen, Carbon 45, 821 (2007).

Z. Zeng, M. Chen, H. Jin, W. Li, X. Xue, L. Zhou, Y. Pei, H. Zhang, and Z. Zhang, Carbon 96, 768 (2016).

ÇEKİRDEKLENME TABAKASI SICAKLIĞININ MOCVD YÖNTEMİ İLE BÜYÜTÜLEN ALN İNCE FİLMLERİN KRİSTAL KALİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

İrem ŞİMŞEK
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Gamze YOLCU
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Merve Nur KOÇAK
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi İsmail ALTUNTAŞ
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Doç. Dr. İlkay DEMİR
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

ÖZET: Bu çalışmada III-nitrat yarıiletkenleri arasında eşsiz özellikleri sayesinde çok önemli yere sahip olan AlN (alüminyum nitrat) filmleri metal organik kimyasal buhar biriktirme yöntemi (MOCVD) ile büyütülmüş ve yüksek çözünürlüklü X-ışınları kırınımı (HRXRD) ve UV-VIS-NIR Spektrofotometre karakterizasyon yöntemleri kullanılarak analizleri yapılmıştır. Sunulan çalışmada safir alttaşın üzerinde atmalı atomik epitaksi tekniğiyle (PALE) büyütülen çekirdeklenme tabakasının sıcaklığı optimize edilmiştir. Dört farklı sıcaklıkta (850 – 950 – 1000 - 1040 °C) çekirdeklenme tabakaları büyütülmüştür. Yüksek sıcaklık (HT) AIN filmi de atmalı atomik epitaksi yöntemiyle 1400 °C çekirdeklenme tabakasının üzerinde büyütülmüştür. Daha önceki çalışmalarda HT-AlN filminin büyütme sıcaklığı, kaynak gazların akış miktarı ve büyütme esnasında numunenin dönme hızı gibi parametrelerin optimizasyonu yapılmıştır. Farklı çekirdeklenme sıcaklığına sahip dört numunenin büyütme parametreleri tamamen aynıdır. Amaç bu çekirdeklenme tabakasının sıcaklığının filmin kalitesini nasıl etkilediğini incelemektir. Dört numune için yapılan karakterizasyon ölçümlerine bakıldığında çekirdeklenme tabakası büyütme sıcaklıklarının HT-AlN filminin kalitesi üzerinde bir etki olduğu açıkça görülmektedir. HRXRD ile elde edilen FWHM değeri karşılaştırıldığında çekirdeklenme tabakası 1040 °C'de büyütülen numunenin daha kaliteli olduğu ve numunenin UV-VIS-NIR Spektrofotometre analizi yapıldığında en iyi optik kaliteye sahip olduğu bulunuştur.

Anahtar kelimeler: Çekirdeklenme Tabakası, MOCVD, AlN, Atmalı Atomik Epitaksi Tekniği

The Effect of Nucleation Layer Temperature on the Crystal Quality of AlN Thin Films Growth By MOCVD Method

ABSTRACT: In this study, AlN (aluminum nitride) films, which have a very significant position among III-Nitrate semiconductors due to their unique properties, were grown by the metal organic chemical vapor deposition (MOCVD) tecnique and their analyses were done using characterization systesms such as HRXRD and UV-VIS-NIR Spectrophotometer. In the presented study, the temperature of the nucleation layer grown with pulsed atomic epitaxy technique (PALE) on sapphire substrate has been optimized. The nucleation layers were grown at four different temperatures (850 – 950 – 1000 - 1040 °C). Subsequently, the HT AIN film was grown on the nucleation layer at a high temperature of 1400 °C via PALE. HT-AlN growth parameters such as HT-AlN film growth temperature, flow rates of source gases and rotation speed of sample were optimizated in previous studies. The four samples have exactly the same growth conditions except for growth temperature of nuclation layer. The aim is to investigate how the growth temperature of the nucleation layer affects the quality of the film. It is clearly seen that the growth temperature of the nucleation layer affects the quality of the HT-AlN film. When both the FWHM values obtained with the HRXRD and results of UV-VIS-NIR Spectrophotometer measurement were compared, the sample with nucleation layer growth temperature of 1040 °C is of higher quality and the best optical quality.

Keywords: Nucleation Layer, MOCVD, AlN, *Pulsed Atomic* Layer *Epitaxy*

GİRİŞ

AlN'ın 6.2 eV'luk geniş ve direkt bant aralığı ve 285 W/mK yüksek termal iletkenliği gibi benzersiz özellikleri AlN'ı dikkat çekici bir malzeme yapmıştır (Wang vd.,2018: 1123-1130; Li vd.,2020: 106336; Li vd.,2013:72-78). AlN'ın geniş bant aralığı, kimyasal ve termal kararlılığı; UV fotodedektörler, kuantum kadameli lazer, füze-ikaz sistemleri gibi optoelektronik ve elektronik cihazlarda geniş uygulama alanlarına sahip olmasını sağlar (Mishra vd.,2017:407; Feng vd., 2014:4). Ancak yüksek performanslı cihazlar için kaliteli AlN şablonları büyütmek zorunludur. AlN alttaş maliyetinin yüksek olmasından dolayı daha ucuz olan silikon ve safir gibi alttaşlar kullanılmaktadır (Li vd.,2018:10). Fakat bu alttaşlar ile büyütülecek AIN

arasında yüksek örgü uyumsuzluğu ve yüksek termal uyumsuzluk olduğundan kaliteli AlN büyütmek zordur. Örgü uyumsuzluğu, dislokasyon yoğunluğunu arttırarak yüzeyi pürüzlü bir hale getirebilmekte ve soğuma sırasında yüzeyde termal uyumsuzluğundan kaynaklanan çatlaklar oluşabilmektedir (Foronda vd.,2018: 134-139; Banal vd.,2013: 08JB21). Bu zorlukların üstesinden gelmek için çeşitli yaklaşımlar denenmiştir. L. Zhang ve diğerleri pürüzsüz yüzeye ve düşük çizgisel kusurlara sahip AlN filmleri büyütmek için nano-desenli safir alttaş kullanmışlardır (Zhang vd., 2016:35934). M. X. Wang ve diğerleri büyütülen AlN filmlerini yüksek sıcaklıklarda tavlayarak çizgisel kusurları azaltmışlar ve böylece kristal kalitesini arttırmışlar (Wang vd., 2018:6613). M. N. Abd Rahman ve diğerleri metal organik kimyasal buhar biriktirme yöntemi kullanarak nispeten düşük bir büyüme sıcaklığında atmalı atomik tabaka epitaksi tekniği ile 2.2 ve 0.2 SLM arasında amonyak akış miktarını değiştirerek trimetil alüminyum (TMAl) ve amonyak (NH_3) kaynakları arasında gerçekleşen parazitik reaksiyonları azaltmış bunun sonucunda çatlaksız ve dislokasyonsuz AlN filmler elde etmişlerdir (Rahman vd., 2019:2009). Yapılan bu çalışmalara ek olarak büyütme sıcaklığı, büyütme basıncı, V/III oranı, yeniden kristalleşme sıcaklığı ve süresi gibi büyütme parametrelerinin AlN tabakasının kalitesi üzerinde etkisi vardır. Ayrıca AlN çekirdeklenme tabakasının büyütme sartlarının, AlN filminin kalitesi ve morfolojisi üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu literatürde yer alan çalışmalarda gösterilmektedir. Örneğin W. Luo ve diğerleri kristalin polaritesini ve yüzey morfolojisini belirleyen en kritik parametrelerden biri olan çekirdeklenme tabakasının V/III oranının adaların polaritesini, boyutunu, yoğunluğunu ve birleşme oranını etkili bir şekilde kontrol ettiğini bildirmişlerdir (Luo vd., 2017:262). Fan Ren ve diğerleri yüksek sıcaklıkta büyütülen AlN çekirdeklenme tabakasının kalınlığının AlN film kristal kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve kalınlık optimizasyonu yapmışlardır (Ren vd., 2010:116801). Bu çalışmada metal organik kimyasal buhar biriktirme yöntemi kullanılarak atmalı atomik epitaksi tekniği ile safir üzerine farklı sıcaklıklarda büyütülen AlN çekirdeklenme tabakasının AlN ince filminin kalitesine etkisi araştırılmıştır. Atmalı atomik epitaksi tekniği parazitik reaksiyonları önlemek için kullanılmıştır, bunun yanı sıra en uygun çekirdeklenme tabakası sıcaklığını bulmak için HRXRD ve UV-VIS-NIR Spektrofotometre sistemi kullanılmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Nanofotonik Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (CÜNAM'da) bulunan MOCVD cihazı kullanılarak büyütmeler yapılmış-

tır. Al kaynağı olarak TMAl ve NH_3 kaynakları kullanılmıştır. Büyütmeden önce safir alttaş 1100 °C sıcaklığında (hidrojen akışı altında) bekletilerek yüzeyin termal olarak temizlenmesi sağlanmıştır. Temizlenmiş olan alttaş üzerine atmalı atomik epitaksi tekniği ile sürekli olarak TMAl kaynağı, atmalı olarak da NH_3 kaynağı (TMAI=14 sccm, NH_3=1200 sccm, 37 döngü) gönderilerek ince AlN çekirdeklenme tabakası büyütülmüştür. 850, 950, 1000 ve 1040 °C olmak üzere dört farklı sıcaklıkta çekirdeklenme tabakası büyütülerek, çekirdeklenme tabakasının büyütme sıcaklığının AlN ince filmi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Örneklere ait sıcaklık değişimleri Tablo 1'de verilmiştir.

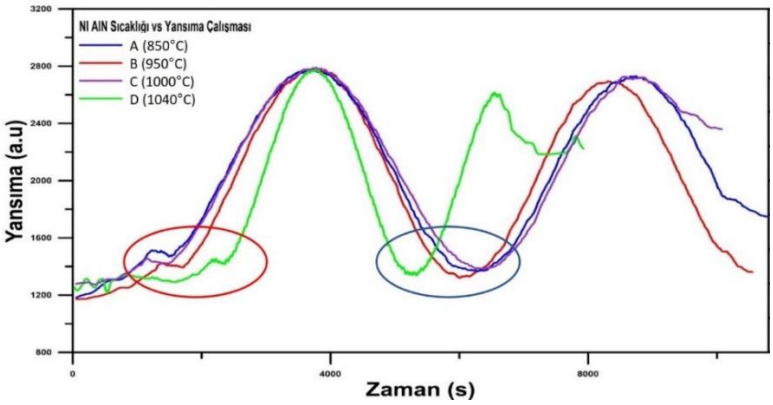
Farklı sıcaklıklarda büyütülen çekirdeklenme tabakaları sonrasında, NH_3 akışı altında belirli bir süre içinde reaktör sıcaklığı arttırılarak yeniden kristalleşme sağlanmıştır. Yeniden kristalleşme, dislokasyon oluşumunu azaltabilen bir tür tavlamadır ve NH_3 gazı akışı altında sıcaklık arttırıldığında azot yapıdan ayrılmaz. Yeniden kristalleşme işleminden sonra yüksek sıcaklıkta (1400 °C) AIN büyütmesi, TMAI=14 sccm, NH_3=1200 sccm akışları ile yine atmalı atomik epitaksi tekniği ile 900 döngü olacak şekilde büyütülmüştür. Büyütme işlemi sırasında yerinde yansıma ölçümleri alınarak büyütme kontrol edilmiştir. Daha sonra büyütülen numuneleri CÜNAM'da bulunan HRXRD ve UV-VIS spektrofotometre cihazları kullanılarak analizleri gerçekleştirilmiştir. HRXRD cihazı ile büyütülen numunelerin yapısal karakterizasyonu yapılmış ve elde edilen FWHM değerleri kristal kalitesiyle ilişkilendirilmiştir. Optik kaliteyi analiz etmek için UV-VIS spektrofotometre sistemi kullanılmıştır.

Tablo 3. Örneklere ait çekirdeklenme tabakasının büyütme sıcaklıkları

Örnek	Çekirdeklenme Tabakasının Büyütme Sıcaklık (°C)
A	850
B	950
C	1000
D	1040

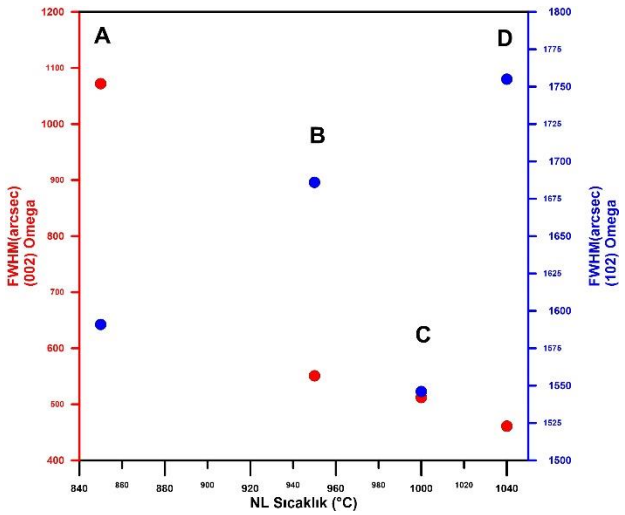
TARTIŞMA

Deneysel metot kısmında da belirtildiği gibi safir alttaş üzerine AlN tabakası büyütülmesi için farklı sıcaklıklara sahip AlN çekirdeklenme tabakalı numuneler büyütülmüştür. Büyütme esnasında safir yüzeyine gelen atomlardan yüksek enerjili olanlar yüzeyde tutunarak çekirdek tabakayı oluşturur. Yüksek sıcaklık büyütmesi ile atomlar bu çekirdekler etrafında birikerek düzgün bir film tabakası elde edilir. Kaliteli bir film büyütmek için çekirdek tabakasının büyütme koşulları önemli bir yer tutar. Farklı sıcaklıklarda büyütülen çekirdeklenme tabakasının yapıya etkisi hem büyütme esnasında elde edilen yerinde yansıma grafiği ile hem de büyütme bittikten sonra XRD analizi ve spektrometre ile incelenmiştir.



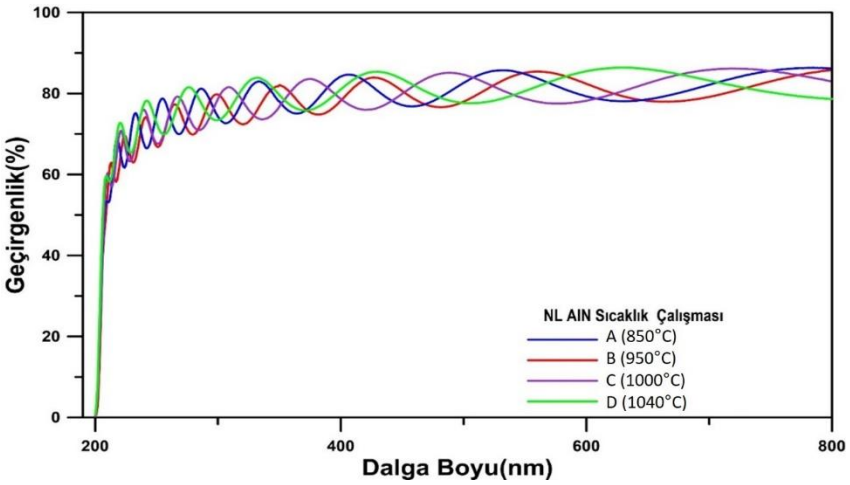
Şekil 6. Çekirdeklenme tabakasının sıcaklık değişimin yerinde yansıma grafiği üzerindeki etkisi

Şekil 6'de farklı sıcaklıklarda büyütülen çekirdeklenme tabakalı numunelerden elde edilen yerinde yansıma eğrileri verilmiştir. Şekil 6'deki dört numune için yansıma grafiğine bakıldığında büyütmenin başladığı yansıma değeri (kırmızı daire ile gösterilen çukur kısımlar) ile ilk osilasyonun tamamlanıp ikinci osilasyona başlamadan önceki çukurun denk geldiği değer (mavi daire ile gösterilen çukur) karşılaştırıldığında 1040 °C'de farkın diğer numunelere göre daha kısa olduğu görülmektedir. Sıcaklık değişimi ile büyütme oranının değiştiği gözlemlenmektedir. 1040 °C sıcaklıkta büyütülen çekirdeklenme tabakası üzerine büyütülen AlN'ın büyütme oranı diğer sıcaklıklarda büyütülen numunelere oranla daha yüksektir.



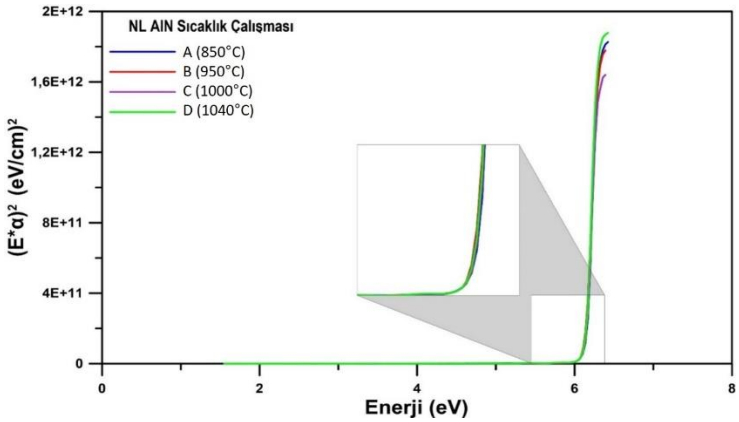
Şekil 7. Çekirdeklenme tabakasının sıcaklığına karşı ω(002) ve ω(102) taramalarından elde edilen FWHM değerlerinin değişimi

Büyütülen numunelerin kristal kalitesini anlamak amacıyla XRD ölçümleri yapılmıştır. ω(002) (simetrik) ve ω(102) (asimetrik) taramalarından elde edilen FWHM değerlerinin değişen PALE çekirdeklenme tabakası sıcaklığına göre değişimleri Şekil 7'de gösterilmiştir. Yüksek FWHM, AlN elektriksel ve optik özellikleri için oldukça zararlı olan yüksek çizgisel dislokasyon (Threading Dislocation) yoğunluğu ile ilgilidir (Balaji vd.,2012:103-109). FWHM değeri ile çizgisel dislokasyon yoğunluğu doğru orantılıdır. FWHM değeri arttıkça dislokasyon yoğunluğu artmakta, FWHM değeri azaldıkça dislokasyon yoğunluğu azalmaktadır. Yüksek performanslı cihazlar elde edebilmek için filmin dislokasyon yoğunluğunun az olması istenmektedir, yani FWHM değerinin küçük olması gerekmektedir. Çekirdeklenme tabakası sıcaklık çalışmalarında Şekil 7'de görüldüğü gibi ω(002) taramalarından elde edilen FWHM değerleri sıcaklığın artmasıyla düzenli bir şekilde azalırken ω(102) taramalarından elde edilen FWHM değerlerinde genel bir artış gözlenmektedir. ω(002) taraması için en yüksek ve en düşük FWHM değerleri göz önüne alındığında ve 850-1040 °C'lik büyütmeler karşılaştırıldığında %57'lik bir iyileşme gözlenmiştir. ω(102) taraması için aynı büyütmeler karşılaştırıldığında ise %10'luk bir artış görülmektedir. ω(002) taramalarındaki iyileşme çok daha etkili olduğundan 1040 °C'lik çekirdeklenme tabakası sıcaklığında daha kaliteli kristal olduğu düşünülmektedir.



Şekil 8. Farklı çekirdeklenme tabakası sıcaklıklarında büyütülen numunelerin geçirgenliğinin dalga boyuna göre değişimleri

Şekil 8'de A, B, C ve D numuneleri için dalgaboyuna karşı geçirgenliklerin değişimi verilmiştir. Grafikteki osilasyonlar, arayüzden ve film yüzeyinden gelen yansımaların girişiminden kaynaklanmaktadır (Zhang vd.,2020: 105572). Girişim desenleri arayüz ve yüzeyin pürüzsüz yansıtma yüzeylerine ve yansıma kaybı olmamasına bağlıdır. (Thedsakhulwong vd.,2013:186-191; Lu vd.,2004:353-359).



Şekil 9. Farklı çekirdeklenme tabakası sıcaklıklarında büyütülen numunelerinin $(E*\alpha)^2$'nın enerjiye göre değişimi

Şekil 9'te ise A, B, C ve D numunelerinin $(E^*\alpha)^2$'nın enerjiye göre değişim grafiği verilmiştir. 1040 °C'de büyütülen numunenin Şekil 8'deki girişim saçaklarına ve Şekil 9'teki soğurma kenarının keskinliğine bakıldığında optik kalitesinin XRD sonuçlarıyla örtüşecek şekilde arttığı görülmüştür.

SONUÇ

Bu çalışmada dört farklı sıcaklıkta büyütülen çekirdeklenme tabakasının, yüksek sıcaklık AlN ince filminin kalitesine etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak hem HRXRD hem de spektrofotometre ölçüm sonuçları 1040 °C sıcaklıkta büyütülen çekirdeklenme tabakası üzerine büyütülen AlN ince filminin yapısal kalitesi ve optik kalitesinin daha iyi olduğu görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Sunulan çalışma Cumhuriyet Üniversitesi Nanofotonik Uygulama ve Araştırma Merkezi altyapısı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca 118F425 nolu TUBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

Balaji, M., Claudel, A., Fellmanna, V., Gélard, I., Blanquet, E., Boichot, R., Pierret, A., Attal-Trétout, B., Crisci, A., Coindeaua, S., Rousself, H., Pique D., Baskar, K., Pons, B. " Effects of AlN nucleation layers on the growth of AlN films using high temperature hydride vapor phase epitaxy", Journal of Alloys and Compounds, 2012 (526):103-109.

Banal, R.G., Akashi, Y., Matsuda, K., Hayashi, Y., Funato, M., Kawakami, Y. "Crack-Free Thick AlN Films Obtained by NH_3 Nitridation of Sapphire Substrates",Japanese Journal of Applied Physics, 2013 (52): 08JB21

Feng, Y., Wei, H., Yang, S., Chen, Z., Wang, L., Kong, S., Zhao, G., Liu, X. "Competitive growth mechanisms of AlN on Si (111) by MOVPE", Scientific Reports, 2014 (4):6416

Foronda, H.M., Wu, F., Zollner, C., Alif, M.E., Saifaddin, B., Almogbel, A., Iza, M., Nakamura, S., DenBaars, S.P., Speck, J.S. "Low threading dislocation density

aluminum nitride on silicon carbide through the use of reduced temperature interlayers", Journal of Crystal Growth, 2018(483):134-139.

Li, D., Jıang, K., Sun, X., Guo, C. "AlGaN photonics: recent advances in materials and ultraviolet devices", Advances in Optics and Photonics, 2018 (10):43-93.

Li, F., Wang, L., Yao, W., Meng, Y., Yang, S., Wang, Z. "Analysis of growth rate and crystal quality of AlN epilayers by flow-modulated metal organic chemical vapor deposition", Superlattices and Microstructures, 2020(137):106336

Li, H., Sadler, T.C., Parbrook, P.J. "AlN heteroepitaxy on sapphire by metalorganic vapour phase epitaxy using low temperature nucleation layers", Journal of Crystal Growth, 2013 (383): 72-78.

Lu, D., Florescua, D.I., Lee, D.S., Meraia, V., Ramera, J.C., Parekha, A., Armoura, E.A. "Sapphire substrate misorientation effects on GaN nucleation layer properties", Journal of Crystal Growth 2004 (272):353–359.

Luo, W., Li, L., Li, Z., Yang, Q. et al (2017). “Influence of the nucleation layer morphology on the structural property of AlN films grown on c-plane sapphire by MOCVD”. Journal of Alloys and Compounds, 697, 262–267.

Mishra, M., Krishna, S., Aggarwal, N., Gupta, G. "Influence of metallic surface states on electron affinity of epitaxial AlN films", Applied Surface Science, 2017 (407):255-259

Rahman, M. N. A., Talik, N. A., Abdul Khudus, M. I. M. et al (2019). “Ammonia flux tailoring on the quality of AlN epilayers grown by pulsed atomic-layer epitaxy techniques on (0 0 0 1)-oriented sapphire substrates via MOCVD” , CrystEngComm, 21, 2009-2017.

Ren, F., Hao, Z.-B., Hu, J.-N., Zhang, C., Luo, Y. (2010). “Effects of AlN nucleation layer thickness on crystal quality of AlN grown by plasma-assisted molecular beam epitaxy”. Chinese Physics B, 19(11), 116801.

Thedsakhulwong, A., Locharoenrat, K., Thowladda, W. "Nitrogen Concentrations on Structural and Optical Properties of Aluminum Nitride Films Deposited by Reactive RF-Magnetron Sputtering", Advanced Materials Research, 2013 (631-632):186-191

Wang, M. X., Xu, F. J., Xie, N. et al (2018). “Crystal quality evolution of AlN films via high-temperature annealing under ambient N2 ”, CrystEngComm, 20, 6613-6617.

Wang,T., Tasi, C., Lin, K., Ou, S., Horng, R .,Wuu, D. "Surface evolution and effect of V/III ratio modulation on etch-pit-density improvement of thin AlN templates on nano-patterned sapphire substrates by metalorganic chemical vapor deposition", Applied Surface Science, 2018 (455):1123-1130.

Zhang, L., Xu, F., Wang, J. et al (2016). “High-quality AlN epitaxy on nano-patterned sapphire substrates prepared by nano-imprint lithography”, Scientific Reports, 6(1), 35934.

Zhang, T., Li, Y., Feng, Q., Zhang, Y., Ning, J., Zhang, C., Zhang, J., Hao, Y. "Effects of growth pressure on the characteristics of the β-Ga2O3 thin flms deposited on (0001) sapphire substrates", Materials Science in Semiconductor Processing, 220:105572.

KATI ÇÖZELTİ İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ FERRİTİK KÜRESEL DÖKME DEMİR ÜRETİMİ

Mehmet OKTAY

Efe TAŞCI

ÖZET: Bu çalışmada EN 1563 Küresel grafitli dökme demirler standartında da kendine yer bulan katı çözelti ile güçlendirilmiş ferritik küresel dökme demirlerin Entil dökümhanesinde üretimi ele alınmıştır. Küresel grafitli dökme demirlerde mukavemet artışı perlit oranının artışıyla elde edilmektedir. Ancak katı çözelti ile güçlendirilen bu yapıda perlit oranında bir artış olmadan mukavemet artmakta ve ferritik yapı sistemin uzama değerlerinde büyük oranda düşüşün önüne geçmektedir. Yapının sünekliği perlit ile mukavemet arttırılan dökme demirlere kıyasla yüksek kalmaktadır. Çalışmanın sonucunda farklı geometri ve ağırlıklara sahip parçalar EN-GJS-500-14 ve EN-GJS-600-10 malzeme sınıflarına uygun olacak şekilde üretilmiştir. Üretimin ardından kopma mukavemetleri, %uzama ve sertlik değerleri incelenmiştir. İnceleme sonuçları aynı mukavemete sahip geleneksel dökme demirler ile kıyaslanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Katı çözelti sertleşmesi, küresel dökme demir, çekme mukavemeti özellikleri

Production of Solid Solution Strengthened Ferritic Ductile Iron

ABSTRACT: In this study, the production of solid solution reinforced ferritic spheroidal cast irons, which has a section in the EN 1563 Spherical graphite cast irons standard, is has been worked in the Entil foundry. Strength increase in spheroidal graphite cast irons is obtained by increasing the pearlite ratio. However, in this structure strengthened with solid solution, the strength increases without an increase in the pearlite ratio and the ferritic structure prevents a significant decrease in the elongation values of the ductile iron. The ductility of the structure remains high compared to cast iron whose strength is increased with pearlite ratio. As a result of the this, parts with different geometries and weights were produced in accordance with EN-GJS-500-14 and

EN-GJS-600-10 material classes. After production, tensile strength,% elongation and hardness values were examined. Investigation results are compared with conventional cast irons with the same tensile strength.

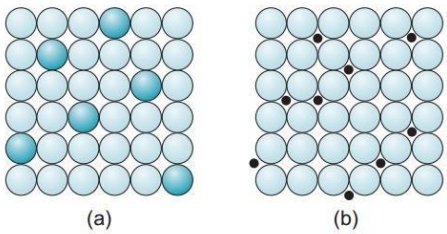
Key Words: Solid solution strengthening, ductile iron, tensile properties

1.GİRİŞ

Katı Çözelti ile güçlendirilmiş ferritik dökme demirler (SSF) EN:1563 standardında kendine yer bulan bir dökme demir türüdür.

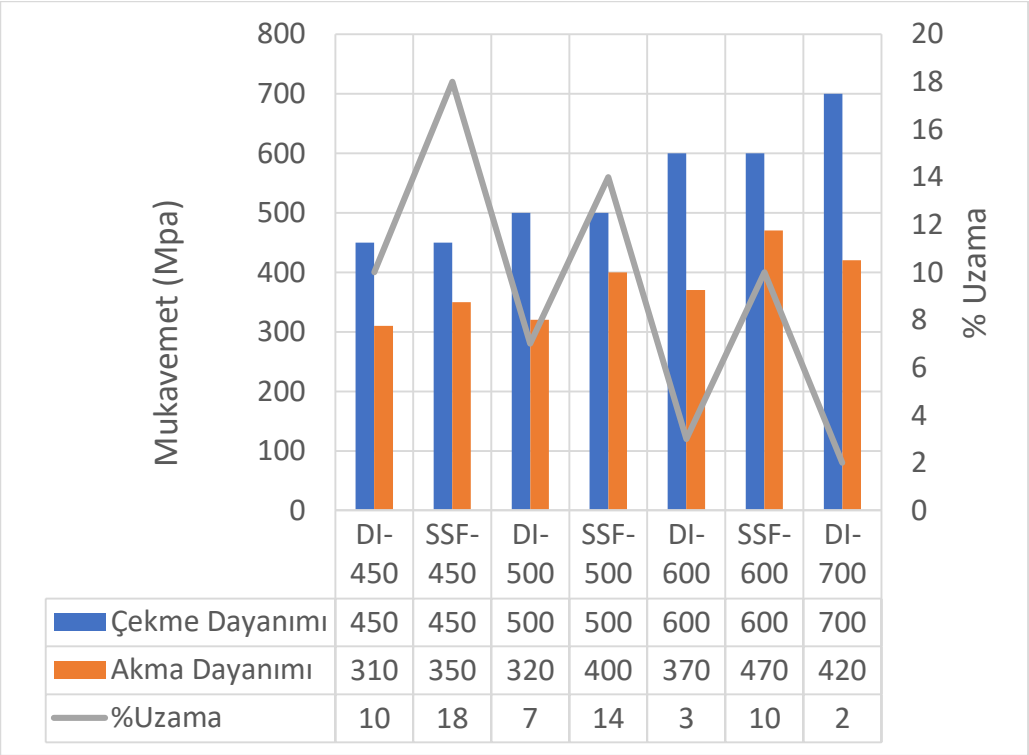
Metallerde çeşitli mukavemet arttırma mekanizmaları vardır. Bu çalışmanın konusunu oluşturan katı çözelti ile güçlendirme mekanizması metali impürite atomları ile alaşımlamaya dayanmaktadır. Burada alaşım elementinin atomları sisteme arayer veya yeralan şeklinde girmektedir. Bu durum şematik olarak Şekil 1'de gösterilmiştir. Yüksek saflıkta bulunan metaller neredeyse her zaman aynı element temelli alaşımlara göre daha yumuşak ve zayıf kalmaktadırlar. Alaşımın arttırılmasıyla çekme ve akma mukavemeti değerlerinde de artış görülmektedir. Alaşımların saf metallere göre daha güçlü olmasının sebebi katı çözelti oluşturan atomların çevrelerini saran baz element atomlarına kafes gerilimi uygulamasıdır. Dislokasyonlar ile bu impürite atomlarının arasında oluşan kafes gerilim alanları dislokasyon hareketlerini kısıtlamaktadır.

İmpürite atomları sistemde bulunduğunda kaymaya karşı direnç daha yüksektir çünkü bir dislokasyon onlardan koparıldığı zaman, genel kafes geriliminin artması gerekmektedir. Ayrıca plastik deformasyon sırasında da impürite atomları ile dislokasyonlar arasında ki kafes gerilim etkileşimleri devam etmektedir. Bu nedenle saf metallere göre plastik deformasyonu başlatmak ve bunu devam ettirmek için daha büyük bir yük uygulanması gerekmektedir. Bu durum sertlikte ve mukavemette artışı kanıtlamaktadır. (Callister, 2010:190)



Şekil 1. a)Yeralan katı çözeltisi b)Arayer katı çözeltisi (Molla, 2018:28)

Bu mekanizma katı çözelti ile güçlendirilmiş dökme demirlerde silisyum elementi ile sağlanmaktadır. Silisyum yüzdesinin artmasıyla akma dayanımı çekme dayanımına göre daha hızlı artmaktadır. Bu durum plastik deformasyona uğramadan önce parçanın daha yüksek yük altına girmesine olanak sağlamaktadır. Daha ince et kalınlıklarında parçaların tasarlanmasına olanak tanıyarak ortalama %1,5 ağırlık tasarrufu sağlamaktadır. Ancak silisyum elementinin sisteme sürekli eklenmesi sistemin mukavemetini sürekli olarak arttırmamaktadır. %4,3 değerinin üzerinde malzeme kırılgan bir yapı almakta ve mekanik değerler aniden düşmektedir. Bu sınıra kadar silisyum ile akma ve çekme dayanımı arasında doğrusal bir ilişki vardır. (Puustinen, 2015:23) SSF ve Dökme demir sınıflarının çekme, akma mukavemetleri ve %uzama değerlerinin karşılaştırılması Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. SSF ve geleneksel dökme demir sınıflarının çekme, akma ve %uzama değerleri (EN:1563)

2.DÖKÜMLER VE TESTLER

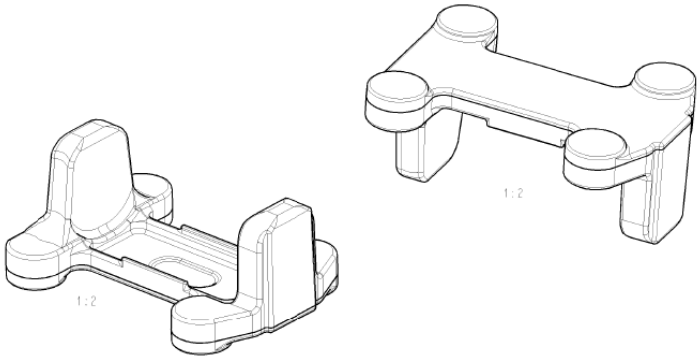
Dökümler model 1 ile yaş kum kalıplama ve model 2 ile furan reçineli kalıplama hattında Entil Dökümhanesi'nde gerçekleştirilmiştir.

Çeşitli çalışmalar %Mn oranının %0,2 aşmaması gerektiğini ve %P oranının ise %0,03 değerinin altında tutulması gerektiğini göstermiştir. Mangan elementi tane sınırlarının çevresinde segregasyona sebep olmaktadır. Ayrıca perlit ve karbürü teşvik edici bir elementtir. Fosfor elementi de aynı şekilde segregasyon riskini arttırmakta, karbür ve fosforlu yapılar oluşturmaktadır. (Okunnu, 2015:40)

(Çekme mukavemeti testleri MTS E45 (100Kn) cihazında gerçekleştirilmiştir. Sertlik değerleri ise REICHTER BL3 Cihazı ile alınmıştır. Mikroyapı görüntüleri Nikon MA100 mikroskopu ile elde edilmiştir.)

2.1. Model 1 ile EN-GJS-600-10 Dökümü

İlk dökümde hedef olarak en yüksek mukavemete sahip sınıf seçilmiştir. Yurtdışı kökenli bir demiryolu şirketinin parçası, yapılacak dökümler için kullanılmıştır. Parçaya ait görünüm şekil 3'te verilmiştir. Parça ağırlığı 6,2 kg'dır.

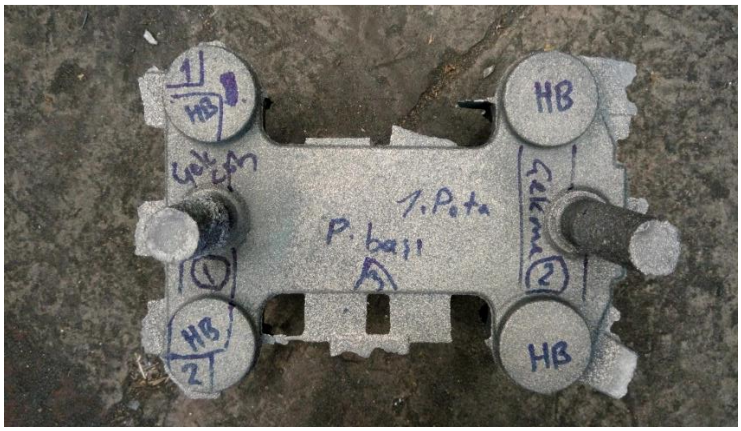


Şekil 3. Dökümü alınan parçanın şematik görünümü model 1

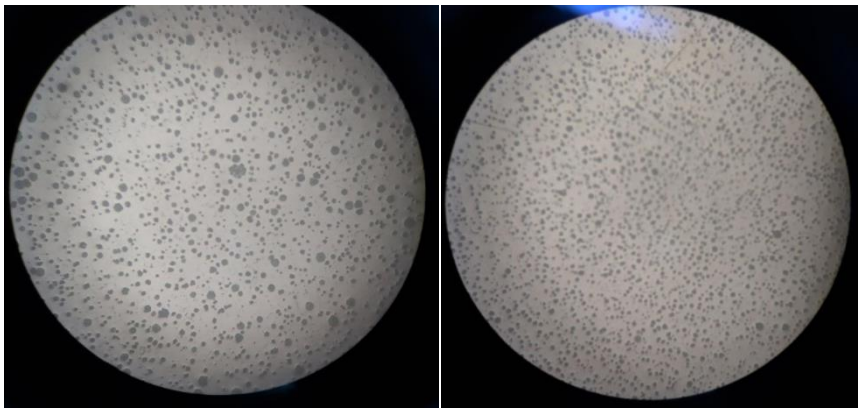
Bu deneme dökümde silisyum değeri sınır yüzde olan %4,2 ve %4,3 olarak hedeflenmiştir. Döküme ait kimyasal kompozisyon Tablo 1'de verilmiştir. Döküm sonrası mikroyapı incelemesi ve mekanik testlerin gerçekleştirileceği bölgeler Şekil 4'te gösterilmiştir. Şekil 5'te ise yapıya ait mikroyapı görüntüleri gösterilmiştir.

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mg	Cu	Sn
Pota 1	2,84	4,28	0,11	0,035	0,011	0,042	0,012	0,045	0,012	0,003
Pota 2	2,86	4,31	0,11	0,035	0,008	0,043	0,012	0,043	0,012	0,003

Tablo 1. Döküm 1'e ait kimyasal kompozisyon.

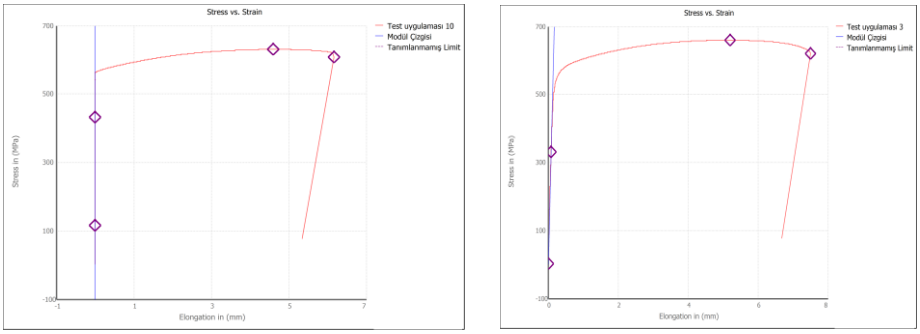


Şekil 4. Parçanın sertlik ölçümleri, mikroyapı örnekleri ve çekme çubuklarının alındığı bölgeler.



Şekil 5. Döküme 1'e ait mikroyapı görüntüleri

Farklı parçalardan farklı çekme çubuğu numuneleri hazırlanmıştır. Çekme testlerine ait diyagramlar şekil 6'da verilmiştir. Testlerin sonuçları ise tablo 2'de gösterilmiştir.



Şekil 6. Döküm 1 a)1.Çubuğa ait diyagram b)2.çubuğa ait diyagram

	Çubuk 1	**Çubuk 2**
Çekme Dayanımı (Rm)	630,2 N/mm²	659,6 N/mm²
% Uzama (A %)	12,325 %	15,011 %
Young Modülü (E)	9304387,060 N/mm²	204260,734 N/mm²
Akma Dayanımı (Rp 0.2% offset)	567,741 N/mm²	543,340 N/mm²

Tablo 2. Döküm 1 mekanik değerler.

Parçadan ölçülen sertlik değerleri 220-230HB aralığında gelmektedir.

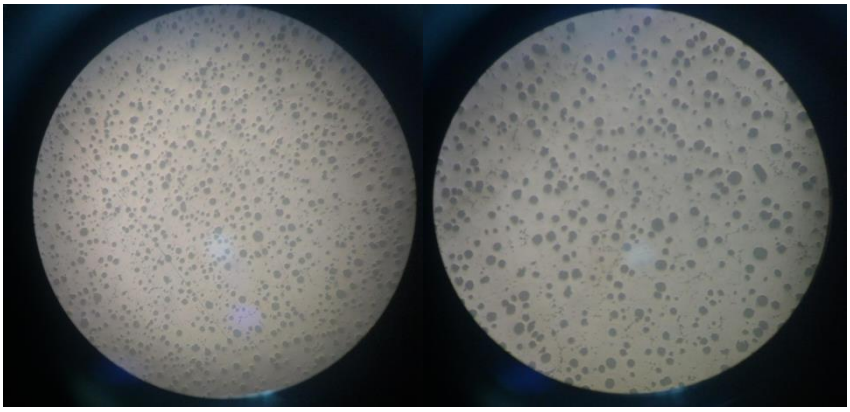
2.2. Model 1 ile EN-GSJ-500-14 Dökümü

2. dökümde kalıp özellikleri ve döküm şartları aynı tutulmuştur. Hedeflenen silisyum değerleri %3,9-4,1'dir. Döküme ait kimyasal kompozisyon Tablo 3'te verilmiştir.

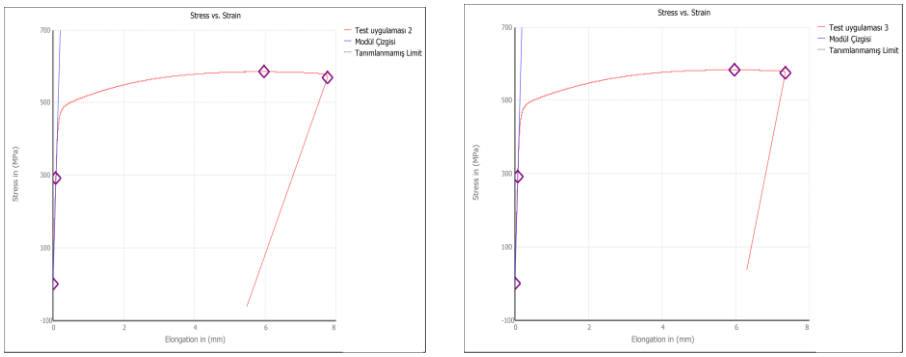
	C	**Si**	**Mn**	**P**	**S**	**Cr**	**Ni**	**Mg**	**Cu**	**Sn**
Pota 1	3,01	4,08	0,21	0,027	0,014	0,045	0,041	0,051	0,003	0,046
Pota 2	2,98	4,06	0,21	0,027	0,015	0,046	0,042	0,045	0,004	0,046

Tablo 3. Döküm 2'ye ait kimyasal kompozisyon

Kimyasal kompozisyon olarak hedeflenen değerler yakalanmıştır. Döküme ait mikroyapı görüntüleri Şekil 7'de verilmiştir. Çekme testlerine ait diyagramlar Şekil 8'de verilmiştir. Testlerin sonuçları ise tablo 4'te gösterilmiştir.



Şekil 7. Döküm 2'ye ait mikroyapılar



Şekil 8. Döküm 2 a)1.Çubuğa ait diyagram b)2.çubuğa ait diyagram

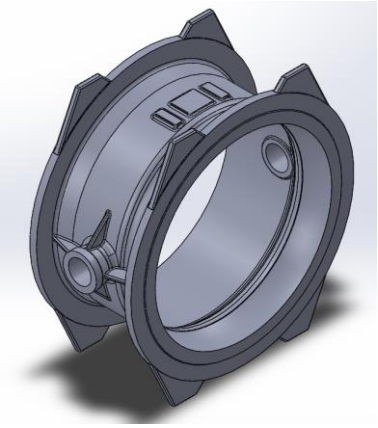
	Çubuk 1	**Çubuk 2**
Çekme Dayanımı (Rm)	584,6 N/mm²	583,1 N/mm²
% Uzama (A %)	15,540 %	14,707 %
Young Modülü (E)	161592,635 N/mm²	174550,012 N/mm²
Akma Dayanımı (Rp 0.2% offset)	477,023 N/mm²	476,063 N/mm²

Tablo 4. Döküm 2 mekanik değerler.

Parçadan ölçülen sertlik değerleri 205-215 HB aralığında gelmektedir.

2.3. Model 2 ile EN-GJS-500-14 Dökümü

3. Dökümde kalıplama hattı furan reçineli kalıplama hattıdır. Ayrıca kullanılan model değiştirilmiştir. Parçaya ait görüntü Şekil 9'da verilmiştir. Parça ağırlığı 140 kg'dır. 3. Dökümde hedeflenen silisyum değerleri %3,7-%3,9 arasındadır. Döküm 3'e ait kimyasal kompozisyon tablo 5'te verilmiştir.

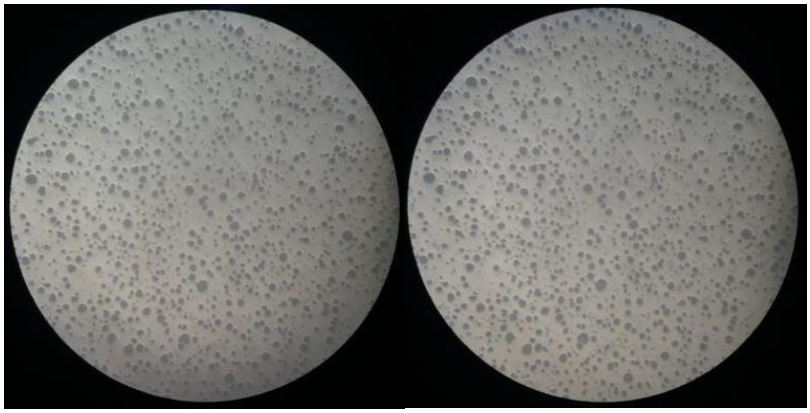


Şekil 9. Dökümü alınan parçanın şematik görünümü model 2

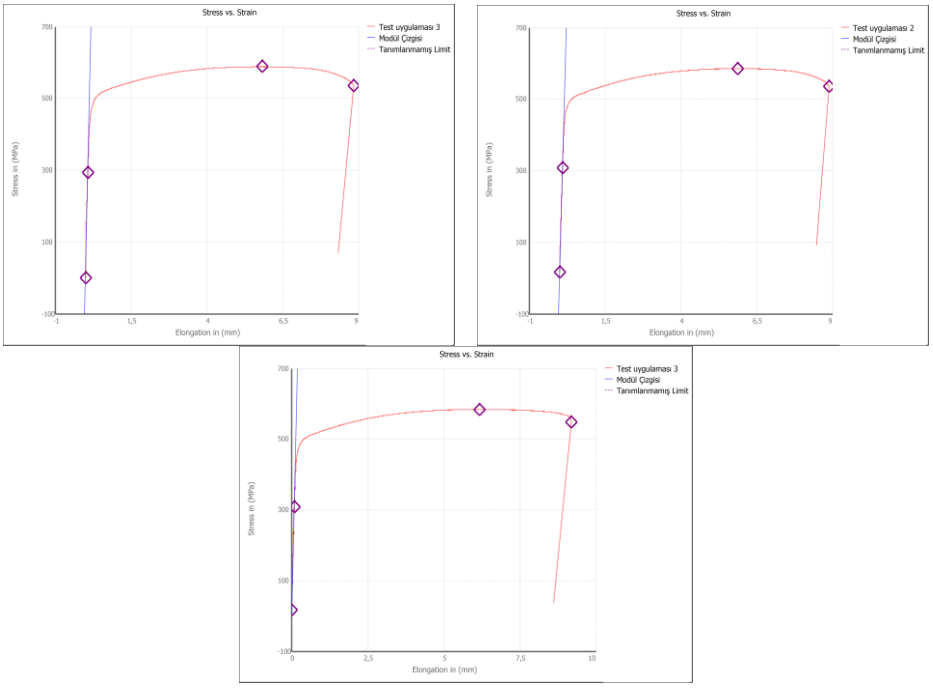
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mg	Cu	Sn
Pota 1	2,93	3,87	0,15	0,029	0,007	0,009	-	0,055	0,015	-
Pota 2	3,08	3,85	0,15	0,028	0,009	0,006	-	0,053	0,013	-

Tablo 5. Döküm 3'e ait kimyasal kompozisyon

Kimyasal kompozisyon olarak hedeflenen değerler yakalanmıştır. Döküme ait mikroyapı görüntüleri Şekil 10'da verilmiştir. Çekme testlerine ait diyagramlar Şekil 11'de verilmiştir. Testlerin sonuçları ise tablo 6'da gösterilmiştir.



Şekil 10. Döküm 3'e ait mikroyapılar



Şekil 11. Döküm 3 a)1.Çubuğa ait diyagram b)2.çubuğa ait diyagram c)3.çubuğa ait diyagram

	Çubuk 1	Çubuk 2	Çubuk 3
Çekme Dayanımı (Rm)	588,5 N/mm²	585,3 N/mm²	583,7 N/mm²
% Uzama (A %)	17,648 %	17,772 %	18,357 %
Young Modülü (E)	199831,991 N/mm²	153621,804 N/mm²	169246,629 N/mm²
Akma Dayanımı (Rp 0.2% offset)	477,133 N/mm²	478,121 N/mm²	475,395 N/mm²

Tablo 6. Döküm 3 mekanik değerler.

Parçadan ölçülen sertlik değerleri 205-215HB aralığında gelmektedir.

3. SONUÇLAR

Deneme dökümlerde alınan mikroyapılar standardın gereksinimi olan en düşük %95 ferrit oranını tutturmaktadır. Ferrit/perlit oranı geleneksel dökme demirlerde gördüğümüz parçanın et kalınlığına göre bir değişim gerçekleştirmemekte ve parça boyunca homojen görünmektedir. Geleneksel dökme demirlerde mukavemet arttıkça karşımıza çıkan ferritik-perlitik yapı, SSF'te yerini homojen ferritik yapıya bırakmaktadır. Ferritik matrisin işleme üzerinde takım ömürlerinde %50-%60'lık bir ömür artışına yol açtığı Löblich vd., 2014:38 tarafından söylenmiştir.

Yapılan mekanik testler ile dökümlerin mekanik değerlerinin standartları yakaladığı görülmüştür. Çekme, akma mukavemeti, sertlik ve yüzde uzama değerleri istenileni karşılamaktadır. Aynı çekme mukavemeti değerlerinde akma mukavemeti ve % uzama değerlerinde getirdiği artış ile bu malzeme ağırlık azaltma çalışmalarında da potansiyele sahiptir. Bu durum Hartung vd., 2019:38 tarafından iki örnek çalışmada ele alınmıştır. Otomotiv endüstrisinden bir örnekte EN-GJS-500-7 malzeme EN-GJS-600-10 ile değiştirilmiş ve ağırlıkta %5 azaltma imkânı yakalanmıştır. Ayrıca ikinci örnekte rüzgâr enerjisi sektöründe kullanılan bir parçada EN-GJS-400-18U-LT malzeme EN-GJS-600-10 ile değiştirilmiş ve ağırlık olarak %30 azaltma yakalanmıştır.

KAYNAKLAR

CALLISTER, J.D. (2010). Materials Science and Engineering An Introduction, John Wiley & Sons, Inc., U.S.A.

EN 1563:2018 (2018). Founding. Spheroidal graphite cast irons

HARTUNG, C. vd. (2019). SSFDI – A Potential Slternative For Lightweight Design, Indian Engineering Exports Dergisi, 2019 (December):30-40

LOBLICH, H. vd. (2013). Solution Strengthened Ferritic Ductile Iron Properties, Production And Application, International journal of Metalcasting Dergisi, 2014 (8):35-40.

MOLLA, R.S. (2018). A study on Manufacturing of Deformed Bar (G 60-400W) at Elite Iron and Steel Industries, Lisans Tezi, International University of Business Agriculture and Technology, Dakka.

OKUNNU, R. (2015). High Strength Solution-Strengthened Ferritic Ductile Cast Iron, Yüksek Lisans Tezi, Aalto Üniversitesi, Espoo.

PUUSTINEN, E. (2015). Enhancing The Mechanical Properties Of Solid Solution Strengthened Ferritic Spheroidal Graphite Cast Iron With Austempering Heat Treatment, Yüksek Lisans Tezi, Aalto Üniversitesi, Espoo.

Gaziantep Bölgesi Diasporitik Boksitin Parçalanma Kinetiği

İbrahim HAJİ
Sakarya Üniversitesi

Prof. Dr. Kenan YILDIZ
Sakarya Üniversitesi

ÖZET: Alumina (Al_2O_3) çeşitli endüstri dallarında kullanılan önemli bir malzemedir. Aluminanın en kararlı formu, yüksek sertlik, termal direnç ve korozyon direnci gibi mükemmel özelliklere sahip olan korundumdur (α-Al_2O_3). Alumina, aluminyum hidroksitlerin (boksit) dehidroksilasyonuyla, özellikle böhmitik ve gibsitik boksitlerden elde edilmektedir. Böhmitik ve gibsitik olanların aksine diasporik boksit doğrudan korunduma dönüşür. Bu çalışmada, Gaziantep bölgesinden temin edilen diasporitik boksidin dekompozisyonu için termogravimetrik veriler izotermal olmayan koşullar altında alınmıştır. Modelsiz yöntem olarak bilinen KAS (Kissenger – Akahira – Sunose) metodu, aktivasyon enerjisinin dönüşüm derecesine bağımlılığını analiz etmek için kullanılmıştır. Diasporitik boksidin dekompozisyonu için hava atmosferinde farklı ısıtma hızlarında (β=5, 10, 15 ve 20 K/dak) alınmış termogravimetri (TG) eğrilerinden temel α ve T verileri toplanmış ve farklı dönüşümlerle (α) ilgili olarak $\ln(\beta/T^2) - 1000/T$ grafiğindeki her eğrinin eğiminden aktivasyon enerjileri hesaplanmıştır. Diaspotitik boksidin parçalanma aktivasyon enerjisi yaklaşık 220 kJ/mol olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Diasporitik Boksit, Parçalanma Kinetiği, Termal Analiz

Decomposition Kinetics of Diasporitic Bauxite from Gaziantep Region

ABSTRACT: Alumina (Al_2O_3) is an important material used in various branches of industry. The most stable form of alumina is corundum (α-Al_2O_3), which has excellent properties such as high hardness, thermal resistance, corrosion resistance, etc. Alumina is obtained by the dehydroxylation of aluminum hydroxides (bauxite), especially from boehmitic and gibbsitic bauxites. Diasporitic bauxite, on the contrary of boehmitic and gibbsitic ones, directly transform into corundum. In this study, thermogravimetric data for the decomposi-

tion of diasporic bauxite from Gaziantep region were obtained under non-isothermal conditions. KAS (Kissenger – Akahira – Sunose) method, known as a model-free method, was used to analyze dependency of the activation energy on the extent of conversion. The basic data of α and T were collected from thermogravimetry (TG) curves for decomposition of diasporitic bauxite in air atmosphere at various heating rates (β = 5, 10, 15 and 20 K/min) and the activation energies were calculated from the slopes of every plots of $\ln(\beta/T^2)$ versus 1000/T corresponding to different conversions (α). Activation energy for decomposition of diasporitic bauxite was found to be approximately 220 kJ/mol.

Keywords: Diasporitic Bauxite, Decomposition Kinetics, Thermal Analysis

1. GİRİŞ

Boksit cevheri yüksek alüminyum konsantrasyonuna sahiptir. Bu nedenle alumina üretiminde yaygın olarak kullanılan hammaddedir. Dünyada yıllık olarak 50 milyon ton aluminyum üretmek için yaklaşık olarak 200-300 ton boksit cevheri kullanılması gerekmektedir. Boksit cevheri ağırlıkça %30 ila %60 alüminyum oksit (monohidroksitler formunda: gibsit, nordstrandit, böhmit ve/veya diaspor) içermektedir, geri kalan kısmı ise titanyum, demir ve silisyum bileşiklerinden oluşmaktadır (Donaldson ve Raahauge, 2016).

Mevcut alüminyum mineralleri gibsit ($Al(OH)_3$) endüstride genellikle alumina trihidrat veya hidrat, ($Al_2O_3.3H_2O$), böhmit ($AlOOH$ veya $Al_2O_3.H_2O$), aluminyum oksihidroksit veya monohidrat) ve diasporittir (böhmit ile aynı kimyasal formül). Gibsit içeren boksitler Bayer prosesinde kullanılması daha uygundur ve bu boksit türü düşük sıcaklık boksiti olarak adlandırılmaktadır. Böhmit ve diaspor içeren boksitler ise yüksek sıcaklık boksiti olarak adlandırılmaktadır (Bagshaw, 2017).

Türkiye'de boksit arama çalışmaları 1940 yıllarında Maden ve Tetkik Arama (MTA) tarafından yapılmıştır. Yapılan arama çalışmaları sonucunda yaklaşık olarak Türkiye boksit cevherinin miktarı 422 milyon ton islenebilir rezerve ise 63 milyon ton olarak tespit edilmiştir. Türkiye'deki en büyük boksit cevheri yatakları Antalya Akseki ve Konya Seydişehir yöresinde bulunmaktadır. Bu iki boksit yatağının kapasitesi toplam 36.5 milyon ton, 31 milyon ton islenebilir rezerve sahiptir (Eroğlu ve Şahiner, 2018). Türkiye'deki boksit yataklarının çoğu Akdeniz bölgesinde ve ege bölgesinde bulunmaktadır. Boksit yataklarının en önemlileri Muğla Milâs ve Seydişehir'dir (Çağatay ve Arman, 1982). Bu çalışmada kullanılan diasporitik boksit cevheri ise Gaziantep Islahiye bölgesindendir.

2. MATERYAL VE METOT

Gaziantep – Islahiye bölgesinden temin edilen diasporitik boksit cevheri, kırma ve öğütme işlemleri sonrası eleme işlemine tabi tutulmuştur. Deneysel çalışmalarda kullanılan diasporitik boksit cevherinin tane boyutu 100 µm'nin altındadır. Cevherin XRF analizine göre cevherde %41,91 Al_2O_3, %15,34 Fe_2O_3, %14,37 SiO_2, %9,37 TiO_2 ve yaklaşık %12,02 kızdırma kaybı bulunmaktadır.

Diasporitik boksitin parçalanma kinetiği, bir termal analiz yöntemi olan ve sıcaklığa bağlı ağırlık değişimlerini gösteren termogravimetri (TG) ile incelenmiştir. Termal analizler TA Instruments SDTQ 600 cihazıyla, hava atmosferi koşulları altında 5, 10, 15 ve 20 °C/dak ısıtma hızlarında alınmıştır.

Katıların parçalanmasında, farklı ısıtma hızlarında alınan termal analiz grafiklerindeki α (reaksiyon gerçekleşme oranı) ile ilişkili sıcaklık değerlerinin içeren modelsiz metot olarak adlandırılan izotermal olmayan kinetik yöntem kullanılmaktadır. Aktivasyon enerjileri de bu yönteme göre tespit edilebilmektedir (Küçük ve Yıldız, 2006).

Katı hal parçalanma reaksiyonlarının kinetik analizi için kullanılan denklem;

$$\frac{d\alpha}{dt} = k(T).f(\alpha) \qquad (1)$$

Burada t zaman (dak); T sıcaklık (K); α dönüşüm oranı (reaksiyon gerçekleşme oranı); $k(T)$ hız sabitinin sıcaklığa bağımlılığı; $f(\alpha)$ reaksiyon modelidir. Reaksiyon modellerinin bazıları Tablo 1'de verilmiştir. Hız sabitinin sıcaklığa bağımlılığı $k(T)$ yerine Arrhenius denklemi yazılabilir.

$$\frac{d\alpha}{dt} = A.\exp\left(\frac{-E}{RT}\right).f(\alpha) \qquad (2)$$

Burada A eksponansiyel faktör; E aktivasyon enerjisi (kJ/mol) ve R gaz sabitidir (8,314 jul/mol.K).

İzotermal olmayan koşullar altında numuneler sabit bir ısıtma hızı ile ısıtıldığı zaman, Denklem (2)'nin zamansal bağımlılığı küçük bir dönüşümle elimine edilebilir. Burada ısıtma hızı, β=dT/dt dir.

$$\frac{d\alpha}{dT} = \frac{A}{\beta}.\exp\left(\frac{-E}{RT}\right).f(\alpha) \qquad (3)$$

İzotermal çalışmalarla karşılaştırıldığında, izotermal olmayan çalışmalar, numunede başlangıçta ani bir sıcaklık sıçraması olmadan gerçekleştirilmesi açısından

daha uygundur. Deneysel verileri varsayılan reaksiyon modellerine uyarlamada yaygın olarak kullanılan yöntemler, izotermal olmayan çalışmalar için güvenilir kinetik bilgi üretmede başarısız olmaktadır. Bu durum model uydurma yöntemlerinin sıcaklığa bağımlılığı $k(T)$ ile reaksiyon modeli $f(\alpha)$ arasında açık bir ayrım sağlamamasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca birçok reaksiyonun farklı aktivasyon enerjileri ile bir seri veya paralel kademeler içeren karmaşık mekanizmalarla gerçekleşmesinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, genel bir süreç için aktivasyon enerjisinin tek bir değerini çıkarmayı amaçlayan model uydurma yöntemleri, bu tür karmaşıklığı ortaya çıkarmak için aciz kalmaktadır. Bununla birlikte, modelsiz izokonversiyonel (eş dönüşümlü) yöntemler, yukarıda bahsedilen model uydurma çekincelerini elimine etmek için kullanılmaktadır. Bu yöntemler, reaksiyon modeli hakkında herhangi bir varsayımda bulunmaksızın, aktivasyon enerjisinin dönüşüm oranının ve/veya sıcaklığın bir fonksiyonu olarak belirlenmesine izin vermektedir (Pokol ve Varhegyi, 1988; Li ve ark., 2005; Roura ve Farjas, 2009).

Tablo 1. Katılarda termal parçalanma için uygulanan reaksiyon modelleri (Li ve ark., 2005)

No	**Reaksiyon Modeli**	$f(\alpha)$	$g(\alpha)$
1	Güç yasası	$4\alpha^{3/4}$	$\alpha^{1/4}$
2	Güç yasası	$3\alpha^{2/3}$	$\alpha^{1/3}$
3	Güç yasası	$2\alpha^{1/2}$	$\alpha^{1/2}$
4	Güç yasası	$2/3\,\alpha^{-1/2}$	$\alpha^{3/2}$
5	Tek boyutlu difüzyon	$1/2\,\alpha^{-1}$	α^{2}
6	Birinci derece (Mampel)	$1-\alpha$	$-\ln(1-\alpha)$
7	Avrami – Erofeev	$4(1-\alpha)[-\ln(1-\alpha)]^{3/4}$	$[-\ln(1-\alpha)]^{1/4}$
8	Avrami – Erofeev	$3(1-\alpha)[-\ln(1-\alpha)]^{2/3}$	$[\ln(1-\alpha)]^{1/3}$
9	Avrami – Erofeev	$2(1-\alpha)[-\ln(1-\alpha)]^{1/2}$	$[\ln(1-\alpha)]^{1/2}$
10	Üç boyutlu difüzyon	$3/2(1-\alpha)^{2/3}[1-(1-\alpha)^{1/3}]^{-1}$	$[1-(1-\alpha)^{1/3}]^{2}$
11	Daralan küre	$3(1-\alpha)^{2/3}$	$1-(1-\alpha)^{1/3}$
12	Daralan silindir	$2(1-\alpha)^{1/2}$	$1-(1-\alpha)^{1/2}$

Termal analiz grafiklerinden aktivasyon enerjilerini bulmak için bu çalışmada kullanılan KAS denklemi;

$$\ln\left(\frac{\beta}{T^2}\right) = \ln\left[\frac{A.E}{R.g(\alpha)}\right] - \frac{E}{RT} \quad (4)$$

Denklem (4)'e göre $\ln(\beta/T^2) - 1000/T$ grafiğinin eğiminden farklı α dönüşümleri için aktivasyon enerjileri elde edilebilmektedir (Küçük ve Yıldız, 2006; Vyazovkin, 2020).

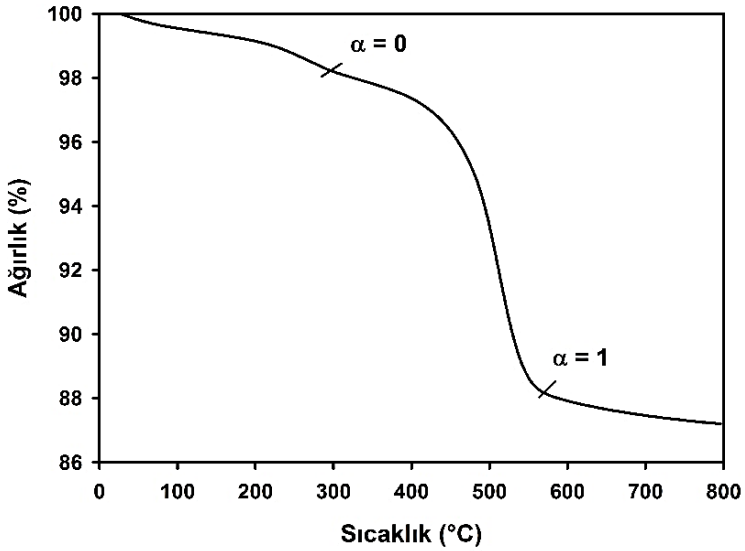
3. DENEYSEL SONUÇLAR

Termal analiz eğrileri numunedeki mineral faz kompozisyonuna, empürite miktarına ve numunenin kristalliğine önemli ölçüde bağlıdır. Yang ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada diasporitin termal analizini incelemişler ve 400 – 500°C aralığında bir endotermik reaksiyon olarak diasporitin dehidratasyonun gerçekleştiğini ifade etmişlerdir. TG eğrisinde 350 – 600°C sıcaklıkları arasında aşağıda verilen reaksiyona (Denklem 5) bağlı olarak %14,2'lik bir ağırlık kaybı olduğunu ve diasporitik yapının sıcaklığın etkisi ile termal parçalanma sonucu korunduma (α-Al_2O_3) dönüştüğü belirtmişlerdir (Yang, 2004).

$$2\alpha\text{-AlOOH} \rightarrow \alpha\text{-}Al_2O_3 + H_2O \quad (5)$$

Kloprogge ve arkadaşları da bir çalışmasında boksit mineralleri olan böhmit, gibsit ve diasporun termal parçalanmasını incelemişlerdir. Çalışmalarında böhmit ve gibsitte yapının α-Al_2O_3'e kolay dönüşmediği, buna karşılık diasporitin Denklem 5'deki reaksiyona göre kolaylıkla dönüştüğünü ifade etmişlerdir (Kloprogge ve ark., 2002).

Çalışmamızda kullanılan Gaziantep – Islahiye bölgesi diasporitik boksitin termogravimetri grafiği Şekil1'de verilmiştir. Şekil incelendiğinde, başlangıçta yaklaşık %2'lik bir nem kaybını takiben diasporitin parçalanması yaklaşık 300°C civarında başlamakta ve parçalanma reaksiyonu yaklaşık 600°C de tamamlanmaktadır. Farklı ısıtma hızlarında alınan termogravimetri eğrilerinde reaksiyon gerçekleşme oranları (α) ile bu oranlara ait sıcaklıklar Tablo 2 ve Şekil 2'de verilmiştir. Isıtma hızının artması ile sıcaklıkların bir miktar ötelendiği açıkça görülmektedir.

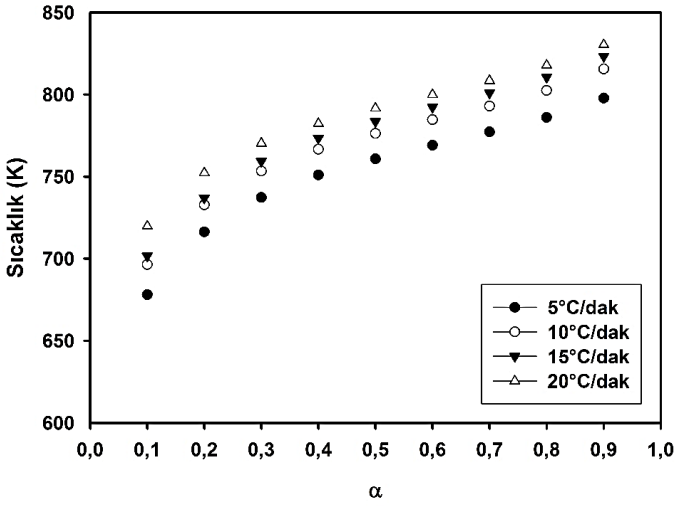


Şekil 1. Diasporitik boksidin termogravimetri analizi

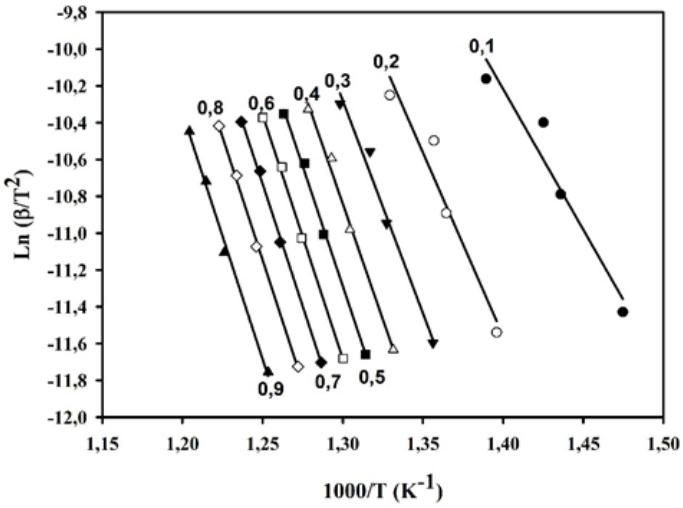
Tablo 2. Orijinal diasporit için ısıtma hızlarına bağlı α – sıcaklık değerleri

	5 °C/dak	10 °C/dak	15 °C/dak	20 °C/dak
Alfa (a)	T (K)	T (K)	T (K)	T (K)
0,1	678,1	696,4	701,7	719,7
0,2	716,3	732,8	737	752,2
0,3	737,3	753,4	759,3	770,2
0,4	751	766,6	773,4	782,2
0,5	760,8	776,3	783,6	791,6
0,6	769,1	784,7	792,3	799,9
0,7	777,2	793	800,9	808,5
0,8	786,1	802,5	810,5	817,8
0,9	797,8	815,6	823,2	830,3

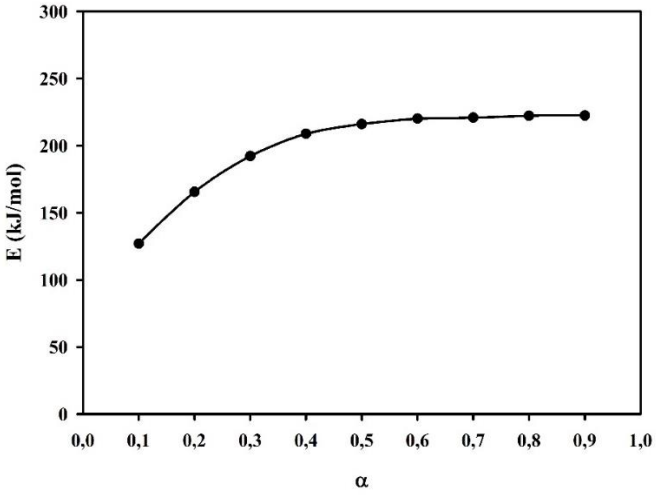
KAS yöntemine göre $\ln(\beta/T^2)$ – 1000/T grafiği, Tablo 2'deki veriler kullanılarak çizilmiş ve Şekil 3'de gösterilmiştir. Her bir reaksiyon gerçekleşme oranı (α) için farklı ısıtma hızlarında (β) elde edilen bu lineer doğruların eğimleri –E/R değerlerini vermektedir. Her bir α için elde edilen aktivasyon enerjisi değişimi Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Farklı ısıtma hızlarında α – sıcaklık ilişkisi



Şekil 3. $\mathrm{Ln}(\beta/T^2)$ – 1000/T grafiği



Şekil 4. Aktivasyon enerjisi (E) ile reaksiyon gerçekleşme oranı (α) ilişkisi

Bir reaksiyonun aktivasyon enerjisini termal analiz ile yaklaşık olarak tespit etmede kullanılan bu yöntemde genel olarak $0,3 \leq \alpha \leq 0,7$ arasındaki aktivasyon enerjisi değerleri dikkate alınmaktadır. Bunun sebebi α değerinin başlangıç ve değerlerinde aktivasyon enerjilerinin büyük sapmalar gösterebilmesidir. Şekil 4'den de görüleceği üzere α=0,4 değerine kadar önemli sapmalar görülmekte, α=0,4 değerinden sonra ise grafik belirli bir değere sabitlenmektedir. Bunun sonucu olarak diasporitik boksidin parçalanması için gereken aktivasyon enerjisinin yaklaşık olarak 220 kJ/mol olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

Bagshaw, A.N. (2017) The Aluminum Story, Perth, W.Australia

Çağatay, A.,Arman, B. (1982) Boksit ve boksit yatakları, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 6(2): 23-38.

Donaldson, D., Raahauge, B.E. (2016) Essential Readings in Light Metals, Volume 1: Alumina and Bauxite, The Minerals, Metals & Materials Society, Springer Int.Publishers, Switzerland.

Eroğlu, G., Şahiner, M. (2018) Dünya ve Türkiyede Aluminyum, Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı

Kloprogge, J.T., Ruan, R.D., Frost, R.L. (2002) Thermal decomposition of bauxite minerals: infrared emission spectroscopy of gibbsite, boehmite and diaspore, Journal of Materials Science, 37:1121-1129.

Küçük, F., Yıldız, K. (2006) The decomposition kinetics of mechanically activated alunite ore in air atmosphere by termogravimetry, Thermochimica Acta, 448, 107-110.

Li, H., Shao, T., Li, D., Chen, D. (2005) Nonisothermal reaction kinetics of diasporic bauxite, Thermochimica Acta, 427, 9-12

Pokol, G., Varhegyi, G. (1988) Kinetic aspects of thermal analysis, Critical Reviews in Analytical Chemistry, 19(1), 65-93

Roura, P., Farjas, J. (2009) Analytical solution for the Kissenger equation. Journal of Materials Researches. 24(10), 3095-3098

Vyazovkin, S. (2020) Kissenger method in kinetics of materials: things to beware and be aware of, Molecules, 25, 2813

Yang, H., Hu, Y., Yang, W., Ao, W., Qiu, G. (2004) Alteration of diaspore by thermal treatment, Journal of Central South University of Technology, 11(2);173-175

ÇİFT KÜTLELİ VOLANDA KULLANILAN EĞRİSEL YAYLARIN DİNAMİK DAVRANIŞI VE GERİLMELERİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMLERİYLE İNCELENMESİ

Samet FIDANCIOGULLARI
Orhan Automative

Taner GENC
Orhan Automative

Ahmet YILDIZ
Bursa Uludağ University

ÖZET: Bu çalışmada, çift kütleli volanlar (DMF) için kullanılan yayların teorik rijitliği ve gerilmeleri sonlu eleman analizi ile incelenmiştir. Burulma rijitliğini belirlemek için ilk olarak katı modeller istenen parametrelerle oluşturulmuştur. Ardından, destekleyici kanal sabitlenip ve belirli bir miktarda tork uygulanıp gerçek çalışma koşullarında sonlu eleman analizi yapılmıştır. Yayların blok açısı durumunda burulma sertliği ve von-Mises gerilmeleri simülasyonlardan elde edilmiştir. Seçilen dairesel eğri yayın küçük rijitlik değerine sahip olmasına rağmen gerilme değerinin dikdörtgen kesitli eğri yaya göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu nedenle, dikdörtgen tellerin belirli durumlarda DMF için düşük gerilme sağlayabileceği söylenebilir. Bu makaleden elde edilen sonuçlar, üretici için farklı eğrisel yaylarının burulma sertliği ve maksimum gerilmelerinin hesaplanması hakkında iyi bir referans olabilir.

Anahtar Kelimeler: Çift kütleli volan, eğrisel yay, sonlu elemanlar analizi, burulma katılığı, farklı tel kesitleri

Finite Element Analysis of the Torsional Stiffness and Stresses of the Arc Springs Used for Dual-Mass Flywheels

ABSTRACT: In this paper, the torsional stiffness and stresses of the arc springs used for dual-mass flywheels (DMF) are examined by finite element analysis. In order to determine the torsional stiffness, first solid models are created with the requested parameters. And then, finite element analysis is carried out under real working conditions such as the supporting shell is fixed, and a certain amount of torque is applied. The torsional stiffness and von-Mises

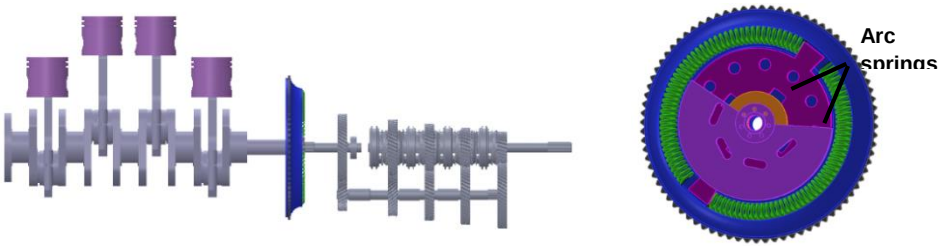
stresses in the case of the block angle of springs are obtained from the simulations. It is also observed that despite the selected circular arc spring has a small stiffness value, its stress value is higher than the rectangular arc spring. Thus, it can be said that rectangular wires can provide low stress for DMF for certain cases. The obtained results of this article can be good references for the manufacturer about the calculations of torsional stiffness and maximum stress of different arc springs.

Keywords: Dual mass flywheel, arc spring, finite element analysis, torsional stiffness, different cross-sectional wires

1. INTRODUCTION

Serious improvements have been achieved on the vibrations caused by the drivetrain of the vehicles thanks to the dual-mass flywheel (DMF). In order to reduce the vibrations of the vehicles that come from the engine, the DMF system, which provides a more comfortable ride, uses two different springs. One of them is an arc spring shown in Figure 1, while the other is the classical helical springs.

Figure 1: Dual mass flywheel used in a C-segment vehicle



There are many works in the literature about the DMF system while the number of studies on arc spring is limited. The parameters that affect the design of the DMF systems are examined and the method of constructing the spring damping model is given considering the rotation direction of the forces on the arc spring. How the damping ratio of the arc spring changes with the motor angular velocity and vibration amplitude is presented on a three-dimensional graph. In addition, the effect of lubrication on the damping ratio is also examined (Albers, 2006). The DMF systems by using a theoretical model, the methods of obtaining the mathematical model of the springs used in the DMF systems and their numerical calculation are presented (Johansson& Karlsson, 2017: 018). In another study, it is given information about

the modeling and simulation of springs used in DMF (Metsenaere, 2002: 078). Moreover, since the main purpose of arc springs is to reduce the torsional vibrations of the vehicle, the dynamic model of an arc spring is investigated (Yamakaji, 2016). An arc spring is dynamically modeled and damping torque-angle values are obtained and nonlinear dynamic analysis of arc springs used in flywheel systems is analyzed. The centrifugal force causes the friction force with the rotational speed and its nonlinear spring characteristic is stated (Chen et al., 2015). On the other hand, the effect of arc springs on the DMF is investigated. The main purpose of their study is to increase the durability of the arc spring and to reduce the noise of gear wheels. A three-dimensional model of the arc spring is created by using the ANSYS program, and the characteristic of the spring is optimized considering the modal analysis and fatigue results (Govinda& Annamalia, 2014). The angular stiffness of the arc spring is investigated according to the performance parameter of a C segment vehicle in order to reduce the torsional vibration of the powertrain. A DMF with arc spring is designed and analyzed with the help of the Msc.Easy5 program. The obtained results are compared with the experimental test results and it is found that the results are consistent (Chen et al., 2011).

However, to the best knowledge of the authors, no study is carried out about characterization of arc springs with different cross-sectional of arc springs with using finite element analysis. In this study, firstly, solid models are created for arc springs and then analysis are carried out with FEA in order to find stress and stiffness values with the circular and rectangular cross-sectional wire. After simulations, it is shown that although the selected circular arc spring has a small stiffness value, its stress is higher than the rectangular arc spring.

2. DETERMINATION OF ARC SPRINGS STIFFNESS WITH FINITE ELEMENT METHOD

According to the performance criteria of a C class vehicle, the arc springs that are used in DMF should design for satisfying the necessary vibration requirements. In such a design process, the most important design parameters are minimum geometrical dimensions, material criteria, and necessary life cycles. By considering such these design criteria, the design parameters are selected by given in Table 1. Also, the symbols used for arc springs are demonstrated in Figure 2.

Figure 2: Demonstration of symbols used for arc spring

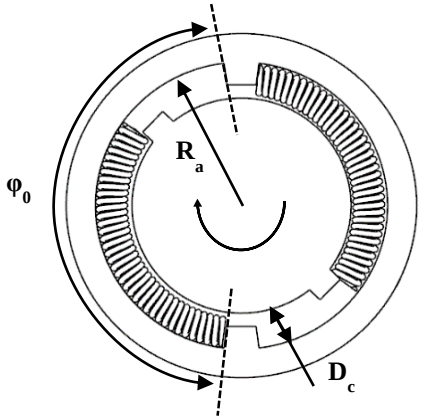
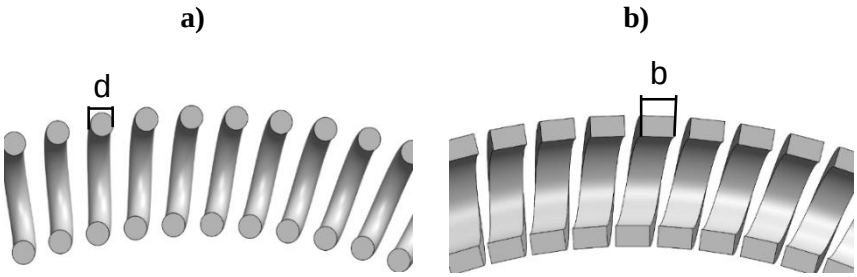


Table 1: The design parameters of arc springs

Characteristics	**Values**	
	Circular Wire	**Rectangular wire**
Wire diameter, d, bxh	2.5 (mm)	5.75(mm) x 3.40 (mm)
Mean diameter, D	12.5 (mm)	19.6 (mm)
Spring free length, φ_0	155 (°)	155 (°)
Mean radius, R	110 (mm)	110 (mm)
Coiling number, N_a	65.5 (-)	38.5 (-)
Young's module, E	206 ($kN.mm^{-2}$)	206 ($kN.mm^{-2}$)
Poisson rate, □	0.3 (-)	0.3 (-)

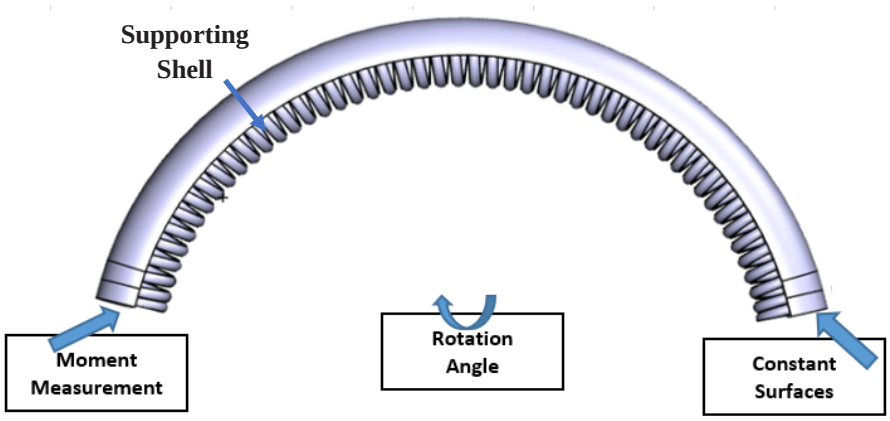
Mean diameter is D_c-d for circular and D_c-h for rectangular cross- sectional arc springs, the mean radius is R_a-D_c/2 for both and the coiling number refers active coil number of arc springs. Also, the so-called circular and rectangular cross-sectional arc springs are schematized in Figure 3.

Figure 3: Circular wire arc spring a), Rectangular wire arc spring b)



Thus, the solid models are created with the parameters given in Table 1. Before the finite element analysis, finally a supporting shell part is added to the outer of the springs, inspired by the DMF structure as shown in Figure 4. While performing the analysis, the main idea is to find the values of torque and stress by applying pressure to the spring from the other side while keeping one side of the spring constant. Hence, the boundary conditions are met as in Figure 4.

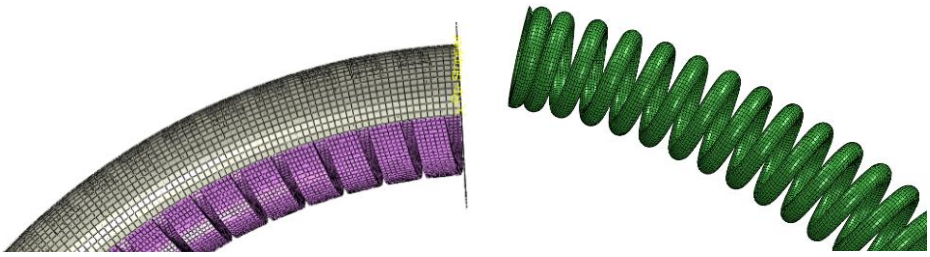
Figure 4: Arc spring boundary conditions



Mesh structure plays a big role in finite element analysis. This structure represents the smallest fragment of the entire model. As a result of many analysis studies, for circular cross-sectional arc spring, the number of elements 407358 and the number of nodes 302225, for rectangular cross-sectional arc spring, the number of elements 364924 number of nodes 184020 are selected. Element type hexahedral is used for both springs. Also, when the element size selected less than 5 mm for both springs, the results are seen to be the same. This created mesh structure on arc spring

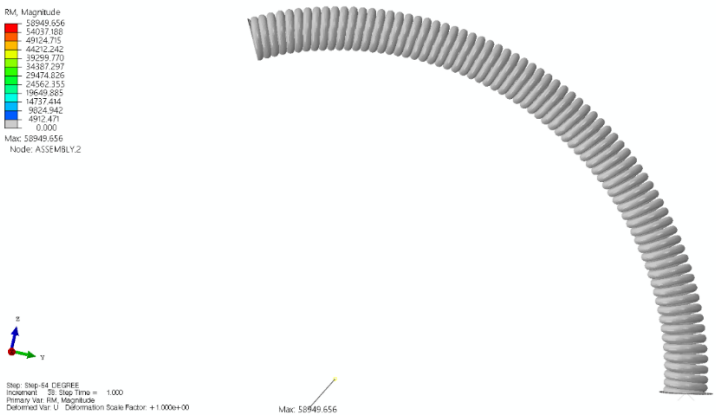
is shown in Figure 5. For the shell part, the friction coefficient is taken as 0.02, it is considered to be rigid and fixed. Thus, boundary conditions and mesh structure are determined for finite element analysis and the torque and stress values corresponding to any compression angle can be observed.

Figure 5: Arc spring mesh structure



Here, it is aimed to find the torque and stress values corresponding to block angles by using finite element analysis. Block angle refers to the situation in which all coils are fully closed under pressure. The maximum stress value in the block angle is important in terms of material selection, while the torque value is important in calculating the spring stiffness. In straight classical compression springs, the spring stiffness is expressed with the force value per unit, while an arc springs it is expressed in the torque value per unit degree.

Figure 6: In 54-degree, torque result of circular cross-sectional of arc spring

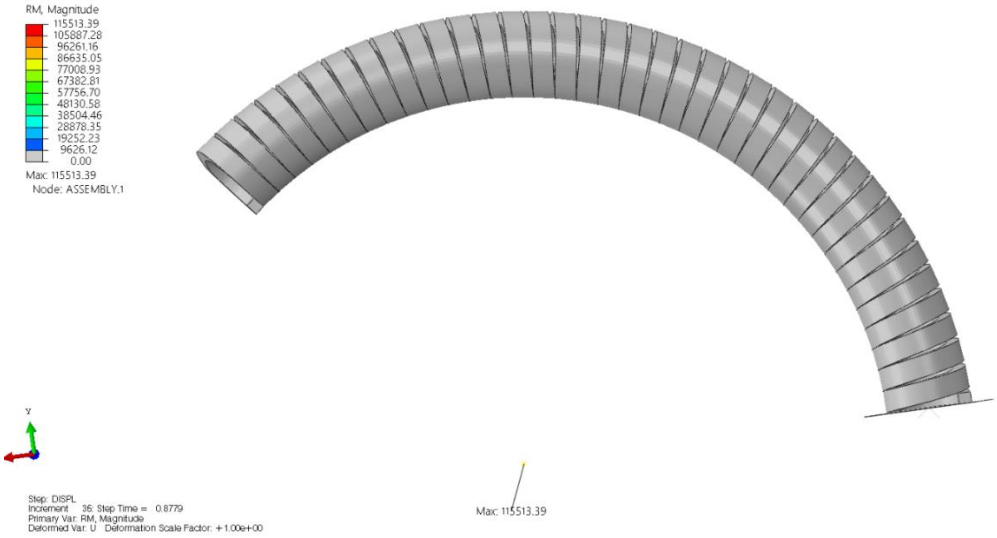


In 54-degree, stiffness is found as 1.1 Nm/° for circular cross-sectional arc spring as shown in Figure 6.

Figure 7: In 54-degree, stress result of circular cross-sectional of arc spring

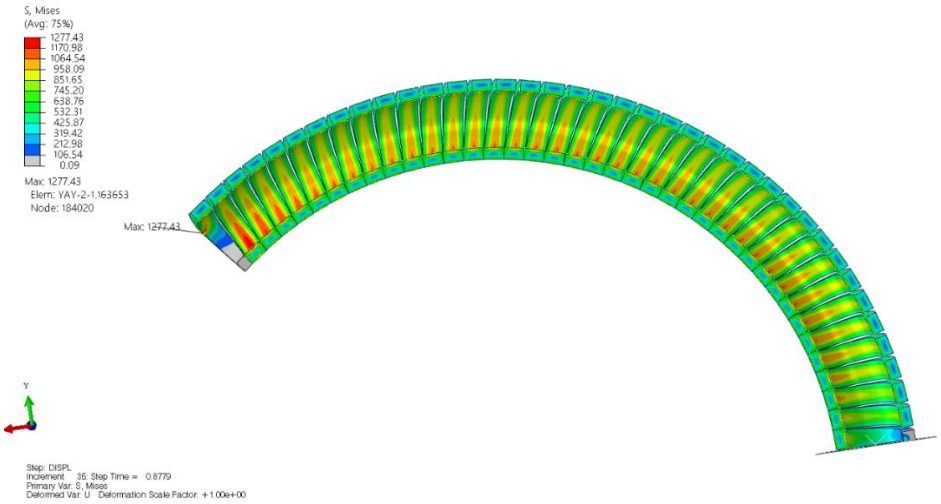
In 54-degree, von-Mises stress value is found as 1773.73 MPa for round cross-sectional arc spring as shown in Figure 7.

Figure 8: In 30.7-degree, torque result of circular cross-sectional of arc spring



In 30.7-degree, stiffness is found as 3.76 Nm/° for rectangular cross-sectional arc spring as shown in Figure 8.

Figure 9: In 30.7-degree, stress result of circular cross-sectional of arc spring



In 30.7-degree, the stress value is found as 1277.43 MPa for round cross-sectional arc spring as shown in Figure 9.

Table 2: Comparisons of FEA results

	Stiffness (Nm/°)	Stress (MPa)
Circular	1.1	1773.73
Rectangular	3.76	1277.43

As can be seen from Table 2, it is observed that despite the selected circular arc spring has a small stiffness value, its stress value is higher than the rectangular arc spring.

3. CONCLUSIONS

In the proposed study, firstly solid models of circular and rectangular arc springs are created, and then finite element analyses are performed for obtaining the torsional stiffness and stress values. The necessary steps are given about the mesh structures and boundary conditions of the finite element analysis. As a result, it is noted that although the selected circular arc spring has a small stiffness value, its stress is higher than the rectangular arc spring. Hence, it can be pointed out that rectangular wire is able to provide low stress for DMF under certain conditions. The outcomes of this paper can be good references for the spring manufacturer about the dynamic behavior of arc springs.

ACKNOWLEDGMENT

This study is a part of the project coded 3190332 supported by Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) and Orhan Automotive Inc. The authors would like to express their sincere thanks to these foundations.

REFERENCES

Albers A. (2006). Advanced development of dual mass flywheel (DMFW) design-noise control for today's automobiles. *In 2006 Proceedings of 5th LuK Symposium.*

Chen, D., Ma, Y., Sun, W., Guo, X.,& Shi, X. (2011). Research of design and vibration reduction of dual mass flywheel with arc helix spring. *Proceedings of 2011 International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology (pp. 2706-2709)*. Harbin, China. doi: 10.1109/2011.6023026.

Chen, L., Zeng, R., & Jiang, Z. (2015). Nonlinear dynamical model of an automotive dual mass flywheel. Advances in Mechanical Engineering. doi:10.1177/1687814015589533

De Metsenaere, C. (2002). *Fracture analysis of dual mass flywheel arc springs*. (DCT rapporten; Vol. 2002.078). Technische Universiteit Eindhoven.

Govinda, A.,& Annamalai, K. (2014). Design and analysis of arc spring used in dual mass flywheel. *International Journal of Engineering & Technology Research, 2*(1), 35-41.

Johansson, D., Karlsson K. (2017). *Simulation models of dual mass flywheels*, (Master's Thesis, Chalmers University of Technology, Goteborg, Sweden).ISSN: 1652-8557

Yamakaji, Y. (2016). Dynamics modeling of the arc spring for powertrain NVH prediction. Hirano, Y., Andreasson J. (Eds.), *Proceedings of the 1st Japanese Modelica Conference (pp. 9-22)*. Tokyo, Japan. doi: 10.3384/ecp161249

EUROCODE 8 STANDARDI KAPSAMINDA YAPISAL OLMAYAN BİRLEŞENLERİN 3BOYUTLU DEPREM DAVRANIŞININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Memduh KARALAR
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Murat ÇAVUŞLI
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

ÖZET: Bu çalışma, bir betonarme (RC) binaya sabitlenmiş yapısal olmayan bileşenlerin (NC'ler) deprem performansını göstermektedir. Bu amaçla 5 çok katlı betonarme bina, sonlu eleman yaklaşımına dayalı SAP2000 yazılımı kullanılarak üç boyutlu (3D) olarak modellenmiştir. Tuğla, kitaplık, yatak odası, koltuk, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, buzdolabı 3 boyutlu sayısal analizlerde yapısalolmayan bileşenler olarak değerlendirilmektedir. Bu NSC'ler, Eurocode 8 sismik tasarım standardı dikkate alınarak betonarme binada modellenmiştir. Bu standart için, NSC'lerin binaya sabitlendiği varsayılmaktadır. 1989 Loma-Prieta depreminin bir bileşeni (merkez üssü mesafesi: 23 km) 3 boyutlu sayısal analizlerde kullanılmıştır. Deprem analizi NC'li / NC'siz olarak incelenir. Sayısal analiz sonuçlarına göre, NC'lerin betonarme binaların deprem davranışını etkilediği açıkça görülmekte ve bu standart için seçilen kolonlar üzerinde farklı deplasmanlar, kesme kuvvetleri, sismik ivmeler elde edilmektedir. Betonarme bir binanın modellenmesi sırasında yapısal olmayan unsurların göz ardı edilmemesi şiddetle tavsiye edilir.

Anahtar Kelimeler: Yapsıal Olmayan Elemanlar; EUROCODE 8;Sismik Tasarım;

Assessing 3D Earthquake Behaviour of Nonstructural Components Under Eurocode 8 Standard

ABSTRACT: This study presents the earthquake performance of nonstructural components (NCs) anchored to a reinforced concrete (RC) building. For this purpose, 5 multi-storey RC building is modelled as three dimensional (3D) using SAP2000 software based on finite element approach. Brick, bookcase, bedroom, armchair, washing machine, dish washer, refrigerator is considered as non-structural components in 3D numerical analyses. These NSCs are modelled in the RC building taking into account Eurocode 8 seismic design

standard. For this standard, it is assumed that NSCs were anchored to building. One component of 1989 Loma-Prieta earthquake (epicenter distance: 23 km) is used in the 3D numerical analyses. Earthquake analysis is examined as with/without NCs. According to numerical analysis results, it is clearly seen that NCs obviously effect earthquake behaviour of RC building and different displacements, shear forces, seismic accelerations on selected columns are obtained for this standard. It is strongly recommended that while modelling a RC building, nonstructural elements should not be ignored.

Keywords: Nonstructural Components; EUROCODE-8; Earthquake Behavior

1.INTRODUCTION

Nonstructural components (NSCs) are crucial for the service life of buildings and include most of the structure costs (Giuseppe et al. 2018, Taghavi and Miranda 2003). In recent years, the destruction or damage of nonstructural systems during strong ground motions has caused considerably rising of repair costs and construction time (Fierro et al. 2011, Dhakal 2010, Miranda et al. 2012). Therefore, interest on NSCs has recently increased visibly. In order to achieve a very perfect seismic performance, it is necessary to provide good coordination of structural and non-structural performance. NSCs, generally referred to as secondary systems in the literature, include elements fixed to the floors, bearing elements and roof of a building and do not contribute to the dead, live or seismic load capacity of the structures (Pürgstaller et al. 2020). These important components are generally classified in three different groups; (a) architectural components, (b) mechanical and electrical equipment, and (c) building contents (Villaverde 1997). The importance of non-structural components has just begun to be understood and has been begun to be explored by researchers in recent years. Firstly, Pantelides et al. have pioneered to perform studies on non-structural elements (Pantelies 1996). In that study, by using ABAQUS and SAP 90 programs, the nonlinear earthquake behavior of a single story commercial building consisting of masonry walls, glass and aluminum workshop, and a steel bar joist metal deck roof system was examined. It was emphasized that testing architectural glass the in plane drifts are more important than other non-structural components. Sucuoğlu and Vallabhan examined earthquake behaviour of window glass panels (Sucuoğlu and Vallabhan 1997). An analytical procedure has been developed to calculate the in-plane deformation capacity and out-of-plane resistance of window panes exposed to seismic loading. Xue et al. applied direct displacement design techniques to the structures by considering the performance-based seismic design code.

In this technique, nonstructural components are designed taking into account either acceleration or displacement and the non-structural damage is limited by the structural drift limit (Xue et al. 2008). Then, in a study, the seismic effects of non-structural component parameters i.e. building height, number of bays, ratio of area of shear walls to area of floor, ratio of infilled panels to total number of panels and type of frame on the earthquake periods of reinforced concrete structures were examined. A new procedure, which was a function of considered parameters, was proposed for predicting of earthquake period of buildings. It was clearly seen that this proposed procedure provides a better estimate of seismic periods when compared with other standards (Kose 2009). Hou et al. focused on developing recommendations for obtaining the horizontal earthquake forces on the nonstructural components anchored to a structure. It was clearly seen that the existing analysis methods is not inadequate to observe the horizontal seismic forces on the nonstructural components. Moreover, according to test results, a practical model which can well capture the central tendency of the test results and can be integrated into the existing design method was developed (Hou et al. 2018). An important method was proposed for examining the nonlinear earthquake response of nonstructural components attached to building structures. For this method obtained for seismic behaviour of the nonstructural components, the geometric characteristics, weights, and target ductility of the nonstructural component requires (Villaverde 2006). As seen from these studies, there are very few studies on seismic performance of nonstructural components in the literature. Besides, according to EUROCODE seismic design standard, seismic effects of nonstructural components on 3D middle fault (23 km) earthquake performance of reinforced concrete buildings collapsed during middle fault earthquake have been rarely examined in the past. In this study, seismic displacement, shear force and seismic acceleration behaviors of a RC building are examined considering nonstructural components and middle fault earthquakes. This RC building was constructed in 1956 in Sakarya-Turkey and this structure was subjected to a strong earthquake (Mw: 7.4). The building was completely destroyed during the earthquake and many lives were lost in this structure. Therefore, it is very important to examine this structure and to investigate why it was destroyed. For this purpose, this RC building is modelled as three dimensional (3D) and SAP2000 software is used for modelling. All bearing elements (beams, columns and foundation) are modelled according to original project and original concrete grade of bearing elements is defined to software. Middle fault components (x-y-z) of 1989 Loma-Prieta earthquakes are used in the 3D numerical analyses. Firstly, RC structure was analyzed only by considering the structural elements (without NSCs). Then, nonstructural elements are modelled in the structure

considering EUROCODE standard. Brick, bookcase, bedroom, armchair, washing machine, dish washer, refrigerator is considered as non-structural components in the numerical analyses. Seismic forces for all non-structural elements were calculated separately for each floor according to EUROCODE standard and all computed nonstructural forces for this standard are implemented to 3D model considering main places of the nonstructural components in the building. Secondly, building is analyzed considering nonstructural components. According to 3D numerical analysis results, seismic displacements, shear forces and seismic accelerations on the different columns for with/without NSCs are compared in detail. As a result of all analyses, it has been understood that non-structural elements have a great importance on the seismic behavior of RC structures and it is strongly recommended that nonstructural elements should be included in the structural analyzing..

2. EUROCODE PROVISION FOR NON-STRUCTURAL COMPONENT FORCE

Earthquake accelerations to which non-structural components (NSCs) are exposed are higher than those in the building due to the amplification of ground motion along the height of the building. Therefore, examination of seismic effects of NSCs on earthquake behaviour of RC buildings is very important for safety and future of these structures. Eurocode 8 (Design of structures for earthquake resistance) have been created in 2004. According to Eurocode 8 standard, non-structural elements should be modeled taking into account ground motion, structural amplification, soil factor, and self-weight, flexibility and importance of the non-structural element. The effects of the seismic loads on nonstructural components are determined by applying to the nonstructural element force (Fig. 1) which is defined as follows.

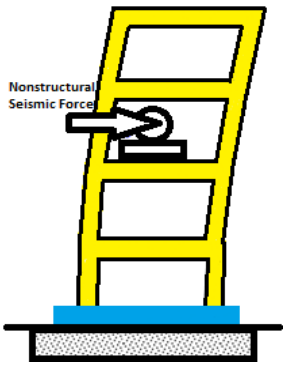


Fig. 1 Non-structural component force in the structure.

$$F_{pg} = \frac{S_a W_a g_a}{q_a} \tag{1}$$

and Sa is computed as Eq.

$$S_a = \frac{a_g}{g} S \left[\frac{3 \left(1 + \frac{z}{H}\right)}{\left(1 + \left(1 - \frac{T_a}{T_1}\right)^2\right)} - 0.5 \right] \tag{2}$$

where

F= Non-structural component force.

W_p= Weight of non-structural component.

γa= importance factor which ranges from 1.5 for important and/or hazardous elements to 1.0 for all other elements.

q_a= behaviour factor for non-structural elements equal to either 1.0 or 2.0 depending on their behavior during earthquake shaking. For example, behaviour factor for cantilever parapets or ornamentation, signs and billboards, chimneys, and tanks are assigned as 1.0 while that for exterior and interior walls, partitions and facades, anchorage elements for false ceilings and light fixtures is assigned as 2.0.

a_g= Design ground acceleration.

g= acceleration of gravity.

S= Soil factor.

z= height of the non-structural element above the base of the building.

H= Total height of the building.

T_a= Fundamental period of the non-structural element.

T_1= Fundamental period of the building in the relevant direction.

3. GENERAL INFORMATION ABOUT RC BUILDING

In this study, middle fault seismic effects of nonstructural components (NSCs) on the earthquake behaviour of reinforced concrete (RC) buildings are aimed to examine by using SAP2000 software based on the finite element method. For this

purpose, a RC building, collapsed in a strong earthquake, is selected for three dimensional (3D) numerical analyses (Fig. 2a). This structure was built in 1956 in Sakarya-Turkey and it has 5 multi floors. This building is located very close to the sea and this building was actively used by people for 44 years. The lowest floor is intended for people sitting in the building to store excess goods. The other floors are actively used by people. The most critical sections of these floors are shown in Fig. 3. Each floor has polygonal geometry and has two balconies. Foundation class of the structure is a B. This building was destroyed in a severe earthquake in 1999 and the appearance of the demolished structure is presented in Figure 2b. As a result of the examinations made after the building was destroyed, the most fragile and damaged columns of the building were identified. The building was first broken from 3 different sections during the earthquake, and after these three different areas were damaged, the building collapsed suddenly. In this study, A-A cross-section, B-B cross-section and C-C cross-section, which are the different regions detected, were examined. The location of these sections in the structure is presented in detail in the next section.

a) b)

Fig. 2 Before and b) after views of collapsed RC structure.

4. 3D MODELLING STRUCTURAL AND NONSTRUCTURAL COMPONENTS OF RC BUILDING AND GROUND MOTIONS

In this study, it is aimed to examine the seismic displacement, shear force and seismic acceleration performance of nonstructural components. For this purpose, five multi-story RC building collapsed in a strong earthquake is selected for 3D modelling and SAP2000 software based on finite element method is utilized while modelling of this structure as shown in Fig.3. While modelling this RC structure, 6 different columns are defined to the software and width-height of these columns are 30x75 cm, 30x95 cm, 35x60 cm, 35x75 cm, 35x90 cm and 35x115 cm, respectively. Moreover, there is a circular column in the structure and its diameter is 65 cm. Then, width-height of beams that were used in the 3D model are 25x40 cm, 30x40 cm and 30x45 cm, respectively. Class of concrete of columns and beams are C20 and this value is

obtained from original structure project. In the structure, there are totally 2 different shear walls and their widths are 20 cm and 25 cm. In addition, thickness of floor covering is 20 cm for all floors. Height of each floor is 3 m and there are totally 5 floors in the structure. Firstly, structural components are created according to original structure project and then, nonstructural components are defined to the structure. Nonlinear time history analyses are performed according to direct integration solution type. Hilber-Hughes-Taylor method is taken into account in the 3D analyses and its gamma and beta value is 0.5 and 0.25, respectively. Secondly, nonstructural elements (brick, bookcase, bedroom, armchair, washing machine, dish washer, refrigerator) are created according to original place of nonstructural building elements. Nonstructural component loads are calculated. After calculated these loads, nonstructural loads are defined to software considering original places of nonstructural components in the structure (Fig. 3). Calculated loads according to these design standards are presented in Table 1. Moreover, earthquake accelerations ground motions were used in 3D earthquake analyses are shown in Fig. 4. According to Fig. 4, maximum acceleration for middle fault earthquake is 3.97 m/s2.

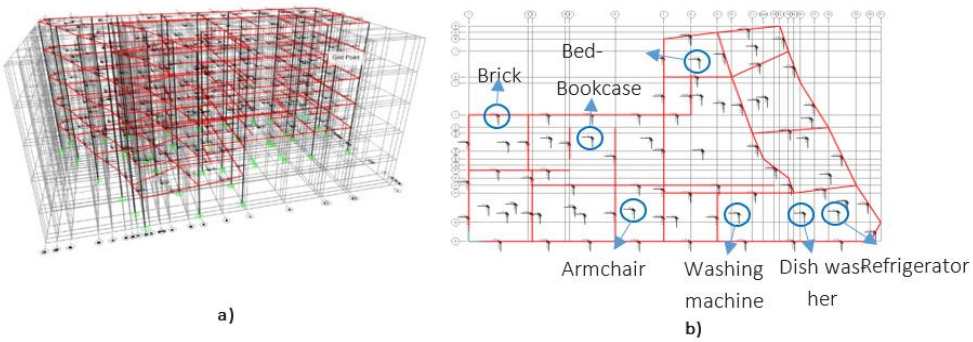


Fig.3. NSC loads in the structure a) general view of NSC b) NSC loads of fifth floor.

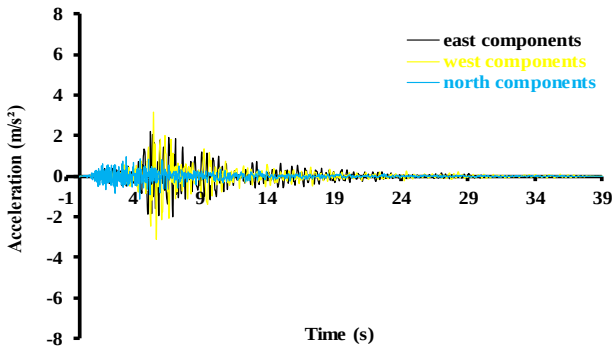


Fig. 4 Time History Graphics for Middle Fault Ground Motions.

Table 1 Seismic Forces of Nonstructural Components for Different Standards.

Non-structural components (NSCs)	**Figure of NSCs**	**Floor**	**EUROCODE**
Brick		*First*	165
		Second	217
		Third	271
		Fourth	324
		Fifth	382
Washing Machine		*First*	48
		Second	67
		Third	87
		Fourth	108
		Fifth	119
Dish Washer		*First*	47
		Second	64
		Third	77
		Fourth	89
		Fifth	102
Refrigator		*First*	54
		Second	71
		Third	89
		Fourth	107
		Fifth	118
Armchair		*First*	34
		Second	46
		Third	59
		Fourth	70
		Fifth	82
Bedroom		*First*	130
		Second	206
		Third	261
		Fourth	307
		Fifth	361
Bookcase		*First*	51
		Second	69
		Third	88
		Fourth	103
		Fifth	121

5. THREE DIMENSIONAL NONLINEAR SEISMIC ANALYSIS RESULTS

In this study, the importance of non-structural components on the earthquake behavior of the structures has been revealed in detail. In this section, the earthquake behavior of an RC building modelled as three dimensions is presented by considering the nonstructural elements. This building was destroyed in a severe earthquake in 1999. The most critical section of structure (section A-A) that caused the building to be demolished is selected for investigation and earthquake displacement, shear force and acceleration behaviors for selected sections are presented in this section. Nonstructural components have been examined considering EUROCODE seismic design standards. For the most critical section selected from the structure, 3D numerical seismic analysis results are shown in detail below.

6. 3D SEISMIC DISPLACEMENT, SHEAR FORCE AND ACCELERATION RESULTS ALONG A-A AXIS OF STRUCTURE

One of the most critical sections that cause the building to be destroyed during the earthquake is A-A section. View of this section is presented in Figure 5 in detail. Section A-A is dealt with for different nodal points at the floor level and seismic analysis results are shown for these different nodal points. Besides, maximum seismic displacement results for middle fault earthquake are summarized in Table 2. For Point A1, 1.39 mm maximum displacements are acquired for structure without NSC in near fault earthquake. When nonstructural components are placed in the structure, significant displacement differences are observed on nodal Point A1. 1.81 mm maximum displacements are gained in the middle fault earthquake for EUROCODE standard. In addition, nonstructural components significantly increase maximum seismic displacements of the structure. When Point A2 is examined, the importance of nonstructural elements on nonlinear seismic displacement behavior of RC structures is understood seriously. According to Table 2, 3.74 mm maximum displacement is observed in the middle fault earthquake for structure without NSC. After modelled the nonstructural components in the structure, 4.53 mm maximum seismic displacements are observed in the middle fault earthquake for EUROCODE, standard. For Point A3, more displacements are acquired than Points A1 and A2. In spite of the maximum displacement for structure without NSC is 6.01 mm, it has been observed that the maximum displacements in the structure with nonstructural elements are much larger than 8.21 mm. For A4 and A5 points, larger displacements are obtained than other points. Moreover, for Points A4 and A5, it is clearly seen that nonstructural components increase the seismic displacement behavior of RC structure. In case of

compared to Point A1, approximately 11 mm more displacement is obtained for Point A5. Although 9.54 mm maximum displacement occurred for structure without NSC in the middle fault earthquake at 15 m of structure height, it is obviously observed that the maximum displacement acquired by considering the EUROCODE standard on same nodal point is 13.52 mm for structure with NSC. Seismic displacement results observed along height of structure are graphically shown in Fig. 6. For Fig. 6, vertical column in the figure represents the building height and the horizontal column in the figure shows the seismic displacements obtained throughout building height. Besides, 3m, 6m, 9m, 12m and 15m of the height of the building represent Points A1, A2, A3, A4 and A5, respectively. According to Figure 6, the seismic effects of nonstructural elements on RC structures clearly appear. In Figure 6, seismic displacement results are presented graphically for the middle fault earthquake. For middle fault earthquake, it is clearly understood how nonstructural elements change the seismic displacement behavior of the structure (Fig. 6). According to Figures7, the maximum shear force results took place on 5 different nodal points along the A-A section are presented graphically. Shear forces occurred in middle fault earthquake on section A-A are presented in Figure 7. According to Fig. 7, maximum shear force is obtained for EUROCODE standard and minimum shear force is observed for structure without nonstructural elements. According to these results, the effects of nonstructural elements on the seismic shear force behavior of RC structures are clearly seen. According to 3D numerical results gained above, maximum displacements are observed on the highest point of the A-A section (Point 11348). For this reason, by taking this nodal point as reference, the acceleration values on this point are examined in detail. Seismic accelerations occurred along middle fault earthquake on Point 11348, which is the highest nodal point selected on the A-A section (Fig. 8), are presented

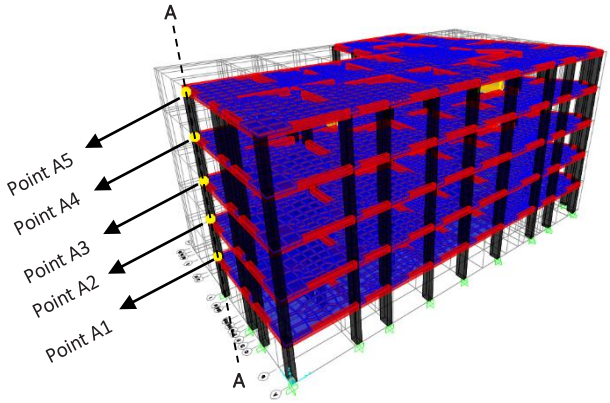


Fig. 5. View of A-A section of Structure.

Table 2. Displacement results for A-A section.

	Point	*Situation of Structure*	*Middle-Fault (mm)*
X Displacements along A axis	**Point A1 (3 m)**	Empty Structure	1.39
		Eurocode 8 Standard	1.81
	Point A2 (6 m)	Empty Structure	3.74
		Eurocode 8 Standard	4.53
	Point A3 (9 m)	Empty Structure	6.01
		Eurocode 8 Standard	8.21
	Point A4 (12 m)	Empty Structure	7.85
		Eurocode 8 Standard	11.54
	Point A5 (15 m)	Empty Structure	9.54
		Eurocode 8 Standard	13.52

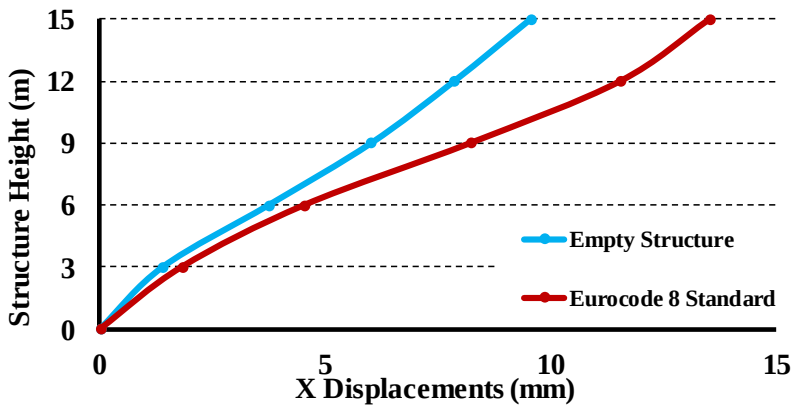


Fig. 6 Displacements along Axis A-A for Middle-Fault earthquake.

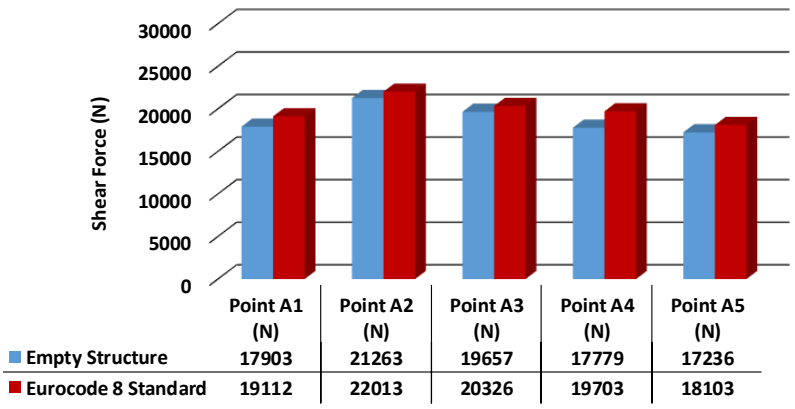


Fig. 7 Shear Forces along Axis A-A for middle-fault earthquake.

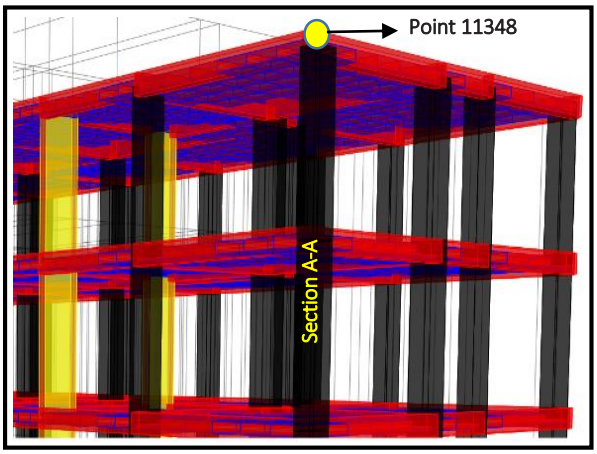


Fig. 8.View of the highest nodal point on section A-A.

7. CONCLUSIONS

In this study, three dimensional (3D) nonlinear seismic hazard performance of nonstructural components (NSCs) is evaluated considering EUROCODE structural design code. Structure is modelled both with NSCs and without NSCs and 3D seismic performance analyses are performed under middle fault components of 1989 Loma-Prieta earthquake (fault distances to structure: 23 km). Total 7 various furniture are taken into account as NSCs in the numerical analyses and these NSCs are brick, bookcase, bedroom, armchair, washing machine, dish washer, refrigerator. Seismic loads of NSCs are calculated according to EUROCODE structural design code and

these loads are applied to 3D model of RC structure. As a result of this study, the following important results have been obtained.

NSCs are vital for evaluating of seismic damage performances of RC structures. In this paper, it is clearly observed that these components obviously affect displacement, shear force, acceleration behaviors of RC structures. When compared seismic performance of structure with/without NSCs, more displacements, shear forces and seismic accelerations are observed on selected structural columns for structure with NSCs. This result clearly shows importance of NSCs for RC structures.

The largest shear forces occurred at 6 m level (on Point 2) of structure height.

It has been observed that nonstructural elements clearly increase the seismic acceleration values occurred on structural elements in RC structures.

Nonstructural elements are of great importance for the seismic behavior and structure safety of RC structures. It is highly recommended to never neglect nonstructural elements when modeling an RC structure.

REFERENCES

Dhakal, R.P. (2010). Damage to non-structural components and contents in 2010 Darfield earthquake. Bull New Zeal Soc Earthq Eng, 43, 404–11.

Fierro, E.A., Miranda, E., Perry, C.L. (2011). Behavior of nonstructural components in recent earthquakes. Archit. Eng. Conf. 2011, Oakland, California, United States: American Society of Civil Engineers (ASCE), p. 369–77.

Giuseppe, M.D.G., Martin, S.W., Anthony, B. (2018). Seismic performance assessment of Eurocode 8-compliant concentric braced frame buildings using FEMA P-58. Engineering Structures, 155, 192-208.

Hou, H., Fu, W., Wang, W., Qu, B., Chen, Y., Chen, Y., Qiu, C. (2018). Horizontal seismic force demands on nonstructural components in low-rise steel building frames with tension-only braces. Engineering Structures, 168, 852-864.

Miranda, E., Mosqueda, G., Retamales, R., Pekcan, G. (2012). Performance of nonstructural components during the 27 February 2010 Chile earthquake. Earthq Spectra, 28, S453–71.

Kose, M.M. (2009). Parameters affecting the fundamental period of RC buildings with infill walls. Engineering Structures, 31, 93-102.

Pürgstaller, A., Gallo, P.Q., Pampanin, S., Bergmeister, K. (2020). Seismic demands on nonstructural components anchoredto concrete accounting for structure-fastener-nonstructural interaction (SFNI). Earthquake Engineering and Structure and Dynamics, 49, 589–606.

Pantelies, C.P., Truman, K.Z., Behr, R.A., Belarbi, A. (1996). Development of a loading history for seismic testing of architectural glass in a shop-front wall system. Engineering Structures, 18(12), 917-935.

Sucuoğlu, H., Vallabhan, C.V.G. (1997). Behaviour of window glass panels during earthquakes. Engineering Structures, 19(8), 685 694.

Taghavi, S., Miranda, E. (2003).Response assessment of nonstructural building elements. Berkeley, USA.

Villaverde, R. (2006). Simple method to estimate the seismic nonlinear response of nonstructural components in buildings. Engineering Structures, 28, 1209–1221.

Villaverde, R. (1997). Seismic design of secondary structures: State of the art. J Struct Eng., 123(8), 1011-1019.

Xue, Q., Wu, C.W., Chen, C.C., Chen, K-C. (2008).The draft code for performance-based seismic design of buildings in Taiwan. Engineering Structures, 30, 1535–1547.

OLİVİN KATKILI HARÇLARIN YÜKSEK SICAKLIK DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

Prof. Dr. Osman GÜNAYDIN
Adıyaman Üniversitesi,

Dr. Öğr. Üyesi Kadir GÜÇLÜER
Adıyaman Üniversitesi

Muhammed Raşit YALDIZ
Adıyaman Üniversitesi

ÖZET: Yapı malzemelerinin durabilite davranışlarını etkileyen parametrelerden biri yüksek sıcaklık karşısındaki davranışlarıdır. Özellikle çimento esaslı yapı malzemelerinde bu davranışın belirlenebilmesi dahil edildikleri sistem açısından avantaj oluşturabilir. Bu amaçla bu çalışmada olivin katkılı 4*4*16 cm boyutlarına sahip harçlar üretilmiştir. Mineral katkı harç sistemi içerisinde çimento ile %10, %20 ve %30 oranlarında ikame edilerek kullanılmıştır. Yüksek sıcaklık davranışının belirlenebilmesi amacıyla numuneler 200-300-500-700 ve 900 °C sıcaklık değerlerine ulaştıktan sonra bir saat süre ile bekletilmiştir. Deney örneklerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirleyebilmek amacıyla ultrases geçiş süresi, birim ağırlık, basınç ve eğilmede çekme deneyleri uygulanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda %10 olivin katkılı harçların yüksek sıcaklık karşısındaki mekanik ve fiziksel performanslarının diğer katkı oranlarına göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Harç, olivin, yüksek sıcaklık, fiziksel ve mekanik özelik.

An Investigation of High Temperature Behavior of Olivine Additive Mortars

ABSTRACT: One of the parameters affecting the durability behavior of building materials is their behavior against high temperature. Especially in cement-based building materials, determining this behavior can be advantageous for the system in which they are included. For this purpose, in this study, 4x4x16 cm size mortars containing olivine were produced. It has been used in the mineral additive mortar system by replacing it with cement at the rates of 10%, 20% and 30%. In order to determine the high temperature behavior, the

samples were kept for one hour after reaching 200-300-500-700 and 900 °C temperatures. In order to determine the physical and mechanical properties of the test samples, ultrasonic pulse velocity, unit weight, compressive and bending tensile strength tests were applied. As a result of the study, it was determined that the mechanical and physical performances of mortars with 10% olivine against high temperatures are higher than other additive rates.

Key words : Mortar, olivine, hıgh temperature, physical and mechanical properties.

1. GİRİŞ

Yapı malzemelerinde durabilite sorununa yol açan başlıca fiziksel nedenlerden biri yüksek sıcaklıktır. Yüksek sıcaklık etkisi yapı malzemesi üzerinde kalıcı etkiler bırakarak yapının etkisiz halde kalmasına neden olmaktadır. Yapı elemanının yüksek sıcaklık karşısında zarar görmesi ile birlikte can ve mal kayıpları oluşabilmektedir. Bu sebeple betonun yangına ve yüksek sıcaklığa karşı olan davranışı betonun kullanılmaya başlaması ile beraber oluşan yüksek sıcaklık sorunu ile ilgili çeşitli araştırmalar ve çalışmalar yapılmıştır.

Harç; çimento, su ve kumun birlikte karılmasıyla elde edilen yapı malzemesidir. Harçlarda kullanılan çimento hamurunun belirli bir ısı dayanımı bulunmaktadır. Çimento hamuru 300 °C sıcaklığa maruz kaldıktan sonra CSH ile kimyasal bağ suyunun belirli bir kısmını kaybeder ve mikro çatlaklar oluşmaya başlar. Sıcaklık değerinin 400-600 °C ye ulaşması ile çimento hamurunda tepkimeler oluşur. Tepkimelerin oluşmasıyla birlikte çimento hamuru içindeki boşluklar kurur, hidratasyon ürünleri ayrışır ve CSH jelleri parçalara ayrılır. Sıcaklık değeri 400 °C ye ulaşmış bir numunenin su ile ani bir şekilde soğutulması CaO'i sıcaklık ile çözülmüş olan $Ca(OH)_2$'e dönüştürerek hacim artışına daha fazla sebep olmaktadır (Uysal 2004).

Literatür incelendiğinde yüksek sıcaklığın harçlar üzerindeki etkisi ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Gülce (2009), tarafından yapılan çalışmada harç numuneleri dört tip portland çimentosu kullanılarak belirli sıcaklıklara maruz bırakılmıştır. Suda ve havada olmak üzere iki farklı şekilde soğutma işlemi yapılmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda yüksek sıcaklık etkisinde harç numunelerin büyük dayanım kaybettiği tespit edilmiştir. Kaya (2011), yaptığı çalışmada farklı miktarda silis dumanı ile genleştirilmiş vermikülit içeren harçların yüksek sıcaklık etkisinde mekanik özelliklerini incelemiştir. Farklı oranlarda hazırlanan numuneler belirli sıcaklıklara maruz bırakıldıktan sonra yapılan deneyler sonucunda silis dumanı içeren numunelerin, basınç dayanımlarının yüksek, eğilme dayanımlarının ve ultrases geçiş hızları-

nın ise düşük olduğunu tespit etmiştir. Karagöz (2013), yaptığı çalışmada farklı miktarda yüksek fırın cürufu, uçucu kül, tuğla tozu, silis dumanı, kırma-taş tozu kullanılarak üretilen numuneleri belirli sıcaklıklara maruz bırakmıştır. Deney sonucunda yüksek sıcaklık etkisinde kalan yapıların betonlarında kireçtaşı içerikli agregaların kullanılması sonucunda betonarme yapıların 800 °C'ye kadar deforme olması çoğunluk olarak önlenmiş olduğu tespit edilmiştir.

Olivin diğer madenlere göre yeni ve fiziksel özelliklerinden dolayı son 30 yıl içerisinde Dünya'da ve Avrupa'da önemli bir mineral haline gelmiştir. Olivin minerali tabiatta fayalit ($MgSiO_4$) ve forsterit (Mg_2SiO_4) minerallerinin katı çözeltisi halinde bulunmaktadır. Olivinin genel rengi tabiatta yeşil ya da koyu yeşil halinde bulunmaktadır. Kristal bir yapıya sahiptir (Özkarakaşoğlu 2006). Mohs şartlarına göre sertliği 6,5-7 civarındadır. Özgül ağırlığı 3,3-3,4 civarındadır. Olivinin kimyasal ana bileşenleri MgO, Fe2O3, SiO2 dir. Olivinin çıkarıldığı bölgeye göre kimyasal bileşenleri farklılık gösterebilmektedir. Olivinin ergime sıcaklığı 1760 °C dir. (Sayın, 1995; Aydınlı, 2008). Olivin bünyesinde bulunan Fe2O3 miktarı olivinin refrakter olma özelliğini negatif olarak etkilemektedir. Olivin bünyesindeki demir oksit SiO2 e bağlanırsa fayalit bileşiği meydana gelmektedir. Fayalitin ergime sıcaklığı ise 1205 °C dir. Bundan dolayı olivin bünyesindeki fayalit miktarı artarsa, olivinin sıvılaşma sıcaklığı azalmaktadır. Olivin düşük ısı genleşmesine sahiptir. Olivin minerali iyi kalsine olduğunda yapısına az miktarda su almaktadır, bu durum yeniden kullanılabilmeyi sağlamaktadır (Küçükoğlu 2016).

Olivinin sahip olduğu özellikler sonucu yüksek sıcaklık karşısında dayanıklı olduğu düşünülmektedir. Bu amaçla, bu çalışmada olivin katkılı ve katkısız harç numuneler üretilmiştir. Katkılı harç numunelerin yüksek sıcaklık altında oluşan fiziksel ve mekanik değişimleri incelenmiştir.

2. MATERYAL ve METOT

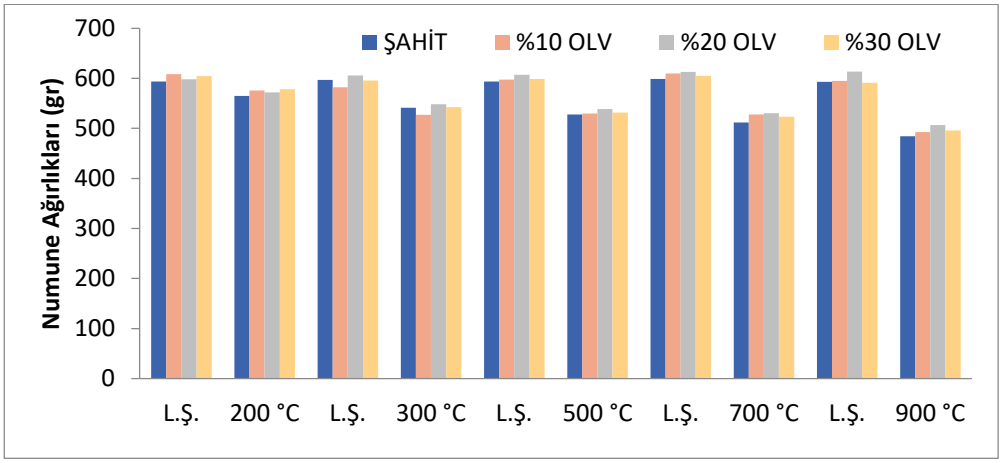
Yapılan harç sisteminde bağlayıcı olarak TS EN 197-1 ile uyumlu CEM II/A-M (P-LL) 42.5 R tipinde çimento kullanılmıştır. Harç sistemi hazırlanırken şahit numuneler için TS EN 196-1 referans alınarak 225 gr su, 450gr çimento, 1350 gram kum kullanılmıştır. Katkılı numuneler hazırlanırken mineral katkı, harç sistemi içerisinde çimento ile %10, %20, %30 oranında ikame edilerek kullanılmıştır. TS EN 196-1 standardına uygun şekilde hazırlanan numuneler 4*4*16 cm'lik kalıplara yerleştirilerek 5-15 sn arasında titreşim tablasında sıkıştırılmıştır. Numuneler 24 saat boyunca kalıplarda bekletildikten sonra, sıcaklığı 20 ± 2 ºC olan kür havuzunda 28

gün boyunca kür edilmişlerdir. Kür süresi dolduktan sonra yüksek sıcaklık davranışının belirlenebilmesi amacıyla numuneler yüksek sıcaklık fırınında 200-300-500-700 ve 900°C sıcaklık değerine ulaştıktan sonra bir saat süre ile bekletilmiştir. Harç numunelerin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirleyebilmek amacıyla ultrases geçiş hızı, birim ağırlık, basınç ve eğilmede çekme deneyleri uygulanmıştır.

3. BULGULAR

3.1 Sıcaklık Öncesi ve Sıcaklık Sonrası Numune Ağırlıkları

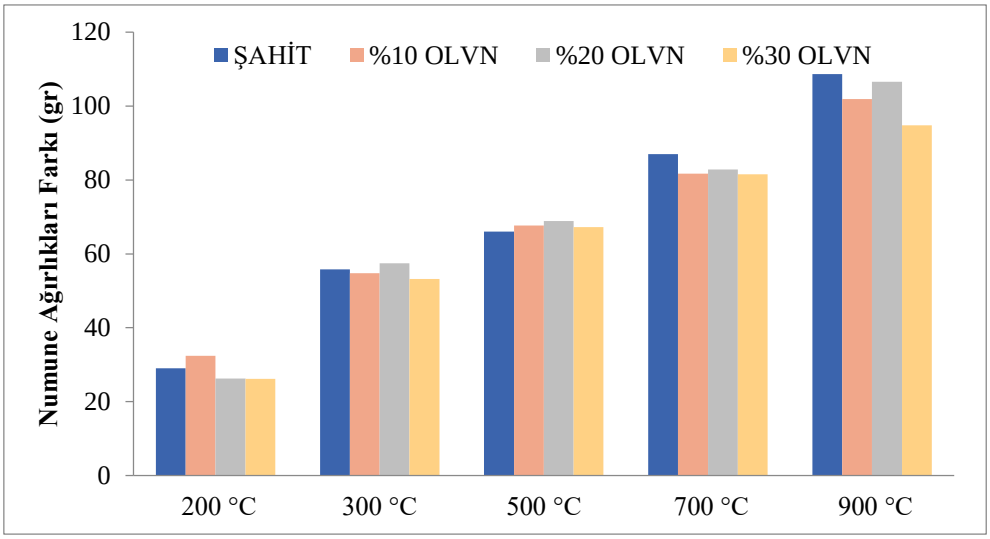
Harç sisteminde %10, %20, %30 oranında kullanılan olivin katkılı numunelerin yüksek sıcaklık uygulaması sonrasında ağırlık değişimlerini gösteren veriler Şekil 1 ve 2' de verilmiştir.



*L.Ş= Laboratuvar şartlarında

Şekil 1. Sıcaklık öncesi ve sıcaklık sonrası numune ağırlık değerleri

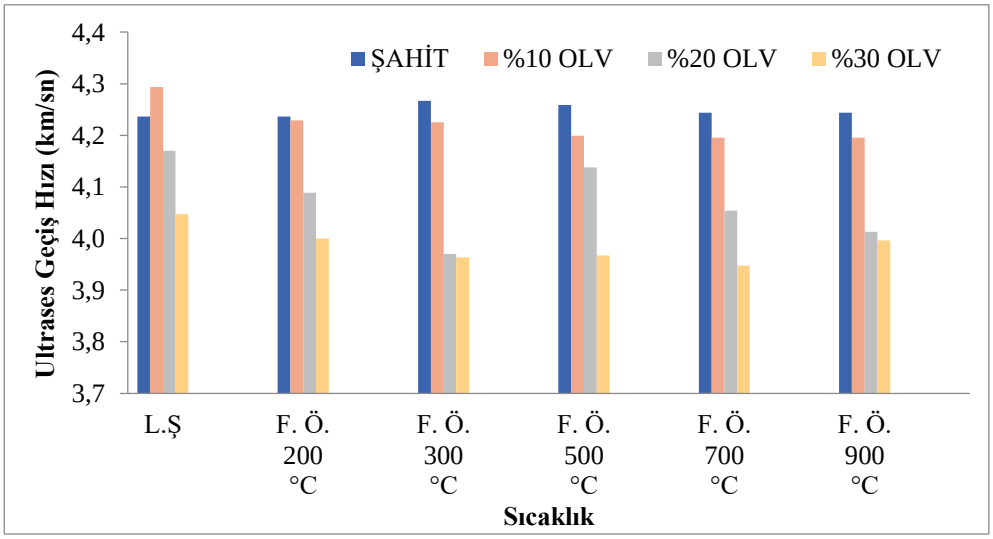
Şekil 1 ve 2'deki veriler incelendiğinde yüksek sıcaklık ile birlikte numunelerin ağırlık kayıpları arasında ilişki olduğu görülmektedir. Sıcaklık değerinin artışına bağlı olarak numunelerin ağırlık kayıpları lineer hareket etmektedir. 700 ve 900 ^{0}C sıcaklık değerinde olivin katkılı numunelerin ağırlık kayıpları ise katkısız numunelere göre daha düşük değerlerde gerçekleşmiştir.



Şekil 2. Numunelerin sıcaklık öncesi ve sıcaklık sonrası ağırlıklarının farkı

3.2 Ultrases Geçiş Hızı Deneyi

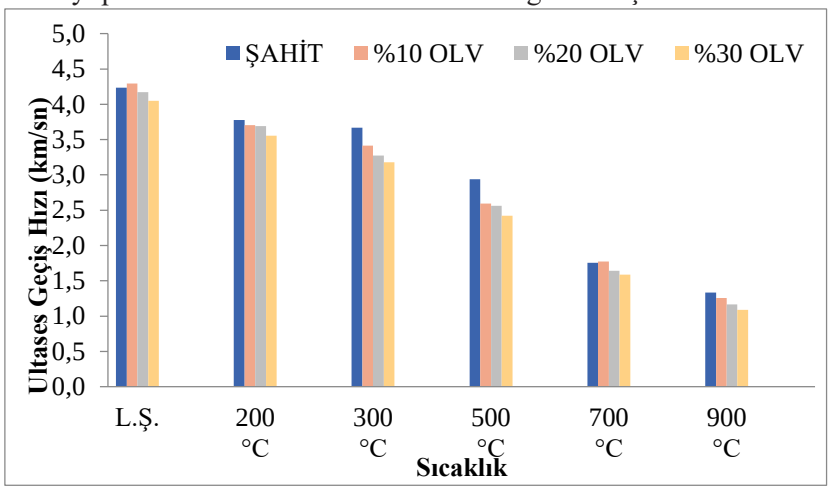
Harç sisteminde %10, %20, %30 oranında kullanılan olivin katkılı numunelerin ultrases geçiş hızı deney sonuçları Şekil 3 ve 4' de verilmiştir.



*F.Ö= Fırın öncesi *L.Ş= Laboratuvar şartlarında

Şekil 3. Sıcaklık öncesi ultrases geçiş hızı bulguları

Sıcaklık öncesi ultrases geçiş hızı sonuçları incelendiğinde katkılı numeneler arasında en iyi performansı %10 katkılı numuneler göstermiştir.



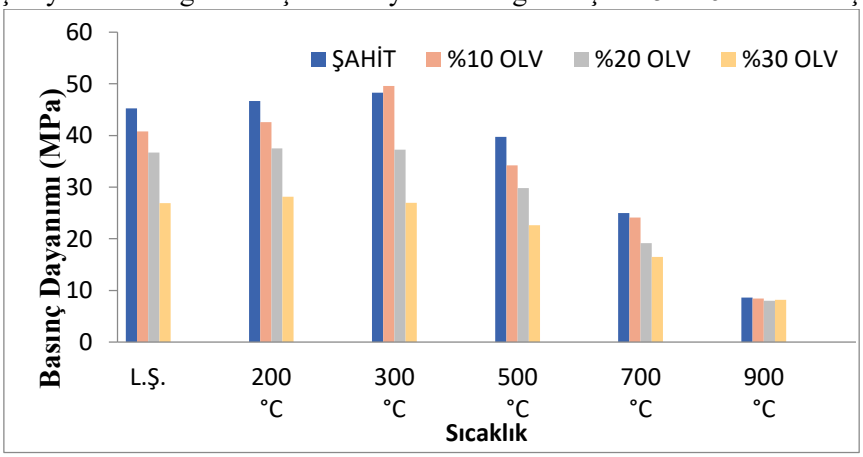
*L.Ş= Laboratuvar şartlarında

Şekil 4. Sıcaklık sonrası ultrases geçiş hızı bulguları

Sıcaklık sonrası ultrases geçiş hızı değerleri incelendiğinde katkılı numunelerin birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Katkılı numuneler arasında en iyi performansı %10 katkılı numunelerin gösterdiği tespit edilmiştir.

3.3 Basınç ve Eğilmede Çekme Dayanımı Bulguları

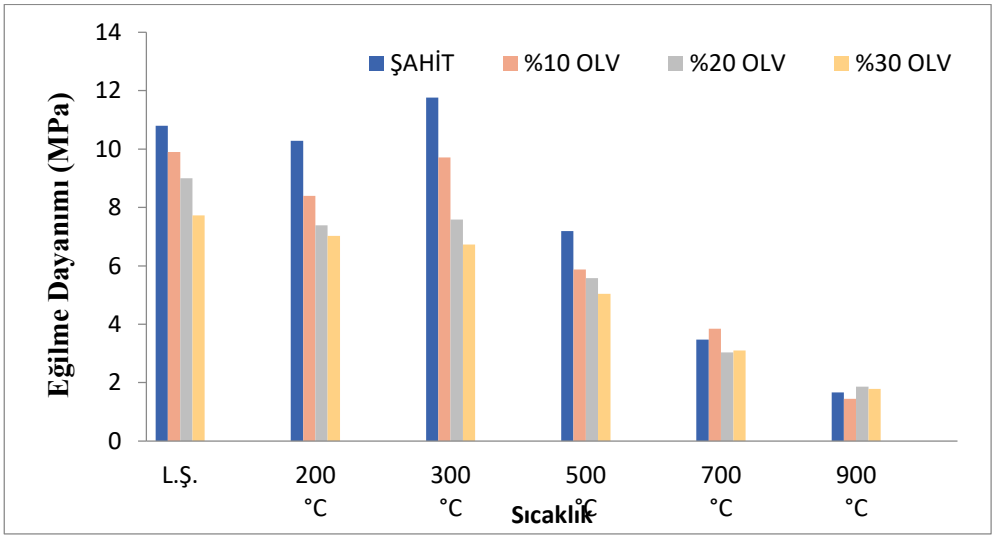
Harç sisteminde %10, %20, %30 oranında kullanılan olivin katkılı numunelerin basınç dayanımı ve eğilmede çekme dayanımı bulguları Şekil 5 ve 6'da verilmiştir.



*L.Ş= Laboratuvar şartlarında

Şekil 5. Basınç dayanımı bulguları

Basınç dayanımı değerleri incelendiğinde katkılı numuneler içinde en yüksek dayanım performansını %10 katkılı numuneler göstermektedir. 300 °C'ye maruz kalan %10 katkılı numunelerin aynı sıcaklık etkisinde kalan şahit numunelerden daha iyi dayanım performansı gösterdikleri tespit edilmiştir.



*L.Ş= Laboratuvar şartlarında

Şekil 6. Eğilmede çekme dayanımı bulguları

Eğilmede çekme dayanımı değerleri incelendiğinde katkılı numuneler içinde 900 °C ye maruz kalan numuneler hariç, en yüksek dayanım performansını %10 katkılı numuneler göstermektedir. 700 °C sıcaklığa maruz kalan katkılı numuneler arasından %10 katkılı numuneler şahit numunelerden daha iyi bir dayanım performansı göstermişlerdir. 900 °C sıcaklığa maruz kalan numuneler arasında en iyi dayanım değeri %20 katkılı numunelerde tespit edilmiştir.

4.SONUÇ

Olivin katkılı harçların yüksek sıcaklık performanslarının araştırıldığı deneysel çalışmada şu sonuçlara ulaşılmıştır:

1) Sıcaklık değerinin artmasına bağlı olarak katkılı ve katkısız numunelerin ağırlık kayıpları artış göstermiştir.

2) Katkı oranının artmasına bağlı olarak basınç dayanımı ve eğilme dayanımı değerleri azalmıştır.

3) Katkılı harç örnekleri arasında en iyi fiziksel ve mekanik veriler %10 olivin katkılı örneklerde elde edilmiştir.

4) 700 ve 900°C sıcaklık değerinde olivin katkılı örneklerin daha az ağırlık kaybı yaşadığı tespit edilmiştir.

Yüksek sıcaklık etkisinde farklı mineraller ya da kimyasallar ile gerçekleştirilecek çalışmaların ulusal ve uluslararası ölçekte faydalı olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

AYDINLI, N. (2008). Plazma Sprey Kaplamada Olivinin Değerlendirilmesi ve Kaplama Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Sakarya.

GULCE, C. (2009). Farklı Çimentolarla Üretilen Harçların Yüksek Sıcaklık ve Değişik Soğutma Koşulları Altındaki Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.

KARAGÖZ, H. (2013). Kendiliğinden Yerleşen Harçlarda Kullanılan Mineral Katkıların Yüksek Sıcaklık Performansına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Afyonkarahisar.

KAYA, M. (2011). Genleştirilmiş Vermikülit Kullanılarak Üretilen Silis Dumanı Katkılı-Çimento Esaslı Kompozitlerin Yüksek Sıcaklık Dirençleri, Yüksek Lisans Tezi, Bozok Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Yozgat.

KÜÇÜKOĞLU, Ö. (2016). Yerli Olivin Cevherinden Refrakter Malzemeye Uygun Hammadde Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

ÖZKARAKAŞOĞLU, N. (2006). Amino Modifiye Sililleştirilmiş Olivinin Adsorpsiyon Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

SAYIN, Ş. A. (1995). Refrakter Sanayi Hammaddeleri (Olivin),VI. Beş Yıllık Kalkınma ÖİK Raporu, s.170-191.

UYSAL, A. (2004). Yüksek Sıcaklığın Beton Üzerindeki Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

NON-LINEAR ELASTIC BUCKLING LOAD PREDICTION OF ELLIPTICAL ARCHES UNDER A CENTRAL RADIAL POINT LOAD

İbrahim KOCABAŞ
Eskisehir Technical University

Haluk YILMAZ
Eskisehir Technical University

ABSTRACT: Buckling behaviour of elliptical arches in structural application emerges highly non-linear behaviours under radial loading conditions. Equilibrium paths of the elliptical arches are quite sensitive to dimensions of the elliptical profile. This paper presents a numerical study of nonlinear elastic buckling behaviour of elliptical arches subjected to a central radial point load. Elastic material properties and fixed boundary conditions are applied to elliptical arches. A parametric study is conducted considering different elliptical configurations as a reference to the circular profile of the identical cross-sectional area. Buckling load of an elliptical arch is expressed with empirical relations based on geometrical profile and elastic material properties. Additionally, the equilibrium paths (load-displacement characteristics) of the elliptical profiles are given and a reduction factor, exhibiting the deviation of the buckling load of elliptical arches as a basis of the circular profile, is derived. The deviations between numerical values and buckling relations are given. Characteristics of the deformation shapes of the elliptical arch profiles at the instant of instability are comparatively presented.

Keywords: Elliptical Arch, Elastic Buckling, Finite Element Method, Radial Load

1. INTRODUCTION

Elliptical and circular arches are being extensively employed in many engineering fields. Particularly, they have a big interest in structural applications. These curved form or circular arches can lose their stability and collapse abruptly under the action of radial loading. Therefore, a deep understanding of the buckling behaviours under aforementioned loading conditions is quite important to ensure their safety in engineering applications. Buckling is a complex phenomenon which may occur even

though stresses in the structure are below the yield point of the material. This is generally called as elastic buckling, and load-carrying capacity of the structure depends on the geometry and elastic material properties. There are many studies concerning the buckling characteristics of the circular arches under radial loadings. The buckling load of a curved member is formulated by Vlasov (1961) and Yoo (1982) based on straight beam theory. The equations for the stability and the obtained buckling loads, as proposed by Vlasov and Yoo, have differences. Yang and Kuo (1987) have implemented principle of virtual displacements to derive the buckling equations of curved structures. The same problem is formulated by Papangelis and Trahair (1987) considering potential energy approach. Rajasekaran and Padmanabhan (1989) propose equilibrium and stability equations of curved structures based on principle of virtual work. Kuo and Yang (1991) result in a stability theory for symmetric thin curved beams considering the curvature effects. The structural behaviour of circular arches under a sudden uniformly distributed radial load is investigated by Pi and Bradford (2012) deriving analytical expressions for the dynamic buckling load considering static preloading. The buckling of circular arches is extended by Yang et al. (2020) that presents an analytical investigation on the nonlinear buckling with rotational end restraints under applied uniform radial load. A similar study is conducted by Pi et al. (2007) dealing with the flexural-torsional buckling of shallow circular arches with an open thin-walled section that is subjected to a radial load. Their numerical results show that the pre-buckling deformations of shallow arches are substantial, and they suggest a FE model to obtain the correct flexural-torsional buckling load of shallow arches. A more detailed study is conducted by Tang et al. (2020) considering elastoplastic in-plane buckling of parabolic steel bridges. They presented, a modified Eigen-buckling algorithm based on eigenvalue analysis for evaluating in-plane buckling strength of parabolic steel arch bridges. Elasto-plastic buckling of arches by Pi and Bradford (2003), in-plane and out-of-plane buckling of arches by Shafiee et al. (2006), and nonlinear in-plane buckling behaviour of fixed orthotropic composite arches by Zhang et al. (2020) are the studies concerning the radial loading.

In the present study, the non-linear buckling behaviour of elliptical arches (as a reference to circular profile) is investigated numerically under the radial point load. The expression for the buckling load reduction factor of elliptical configurations is developed. In this way, the deviation in the non-linear buckling load for the elliptical arrangements has been explained in connection with the circular arches.

2. NUMERICAL BUCKLING ANALYSIS

Geometry, radial point loading and boundary conditions of the elliptical arch are presented in Fig. 1. Both ends of the elliptical arch are fixed and a central point load F is applied incrementally until the member reaches its total load carrying capacity as shown in Fig. 1. a and b denotes major and minor axis lengths of the ellipse, respectively. Displacements in x and y direction are denoted by u and w, respectively considering cartesian coordinate system. For determining elliptical configurations, a reference circular profile with a radius of 100mm ($a = b = 100$ mm) is selected. Then different elliptical configurations where a/b ranges 0.2 to 1 are tabulated in Table 1. The cross-sectional area of each elliptical configuration ($\pi ab/2$) is taken equal to that of reference semi-circular profile ($\pi R^2/2$). Hence, it is aimed that changes in the buckling loads can be evaluated for the same crossectional area of both elliptical and circular configurations. In thin-walled structures, radius-to-thickness ratio R/t is an important dimensionless parameter for the buckling load assessment. It is difficult to use this parameter for the elliptical profiles due to fact that ellipses have a variable radius. For this reason, reference circular profile is used to assign R/t values. Therefore, R/t values are selected to be 100, 150, 250, 400, 600 and 1000 for the circular configuration (R=100mm), and corresponding thickness values are assigned to equivalent elliptical arch configurations.

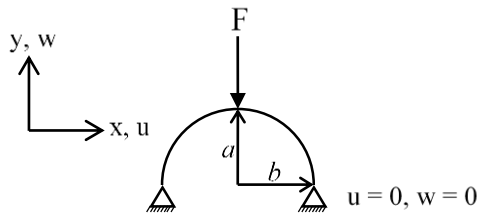


Figure 1. Schematic illustration of the elliptical arch with boundary and loading conditions.

Buckling analysis of the elliptical arch is performed in ANSYS Workbench, modelled with four-node quadrilateral Shell181 shell elements. The element size is decided to be 0.5 mm as a result of mesh sensitivity analysis. Static analysis considering large deformations are employed to well simulate non-linear buckling behaviour. Elastic material model is adopted for the numerical models since the elastic buckling characteristics of the elliptical arches is investigated. The Young's modulus and Poisson's ratio are taken as 200 GPa and 0.3, respectively.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The non-linear elastic buckling loads of elliptical configurations are determined as a result of finite element analysis. Typical load-displacement curves of each elliptical arch configuration are presented in Fig. 2 for *R/t* equals to 150 and different *a/b* ratios. As can be seen, similar load-displacements trends for each configuration are obtained with different buckling loads. The maximum buckling load is achieved for the circular arch profile (where a/b equals to 1). As the *a/b* ratio decreases, the load carrying capacity (buckling load) also decreases tremendously for the same cross-sectional area. This is because the geometric stiffness of the elliptical arch gets lower values as the length of the major ellipse axis enlarges.

The buckling loads of the reference circular arch profiles for different R/t ratios are given in Fig. 3. It is seen that the buckling load decreases exponentially with the increasing R/t ratio. It is possible to express buckling load with an analytical relation using curve fitting method because a regression coefficient of R^2= 0.996 is achieved. Hence, an expression to predict the buckling load for the reference circular arc can be in the form of a power function;

$$F_{ref} = ER(R/t)^{-3} \ \text{(N/mm)} \tag{1}$$

where E is Young's modulus of the circular arch. There is a linear relationship between the buckling load and elastic material properties so that Eq. 1 can be applied to different materials that the circular arch is made of. This equation gives a reference value to develop a mathematical relation for the estimation of buckling load reduction factor as a function of *R/t*.

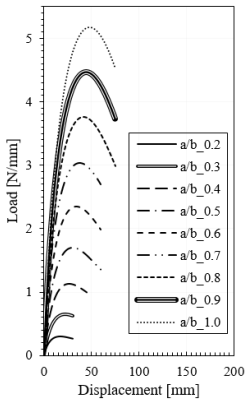


Figure 2. The load-displacement diagram of the elliptical configurations at R/t= 150.

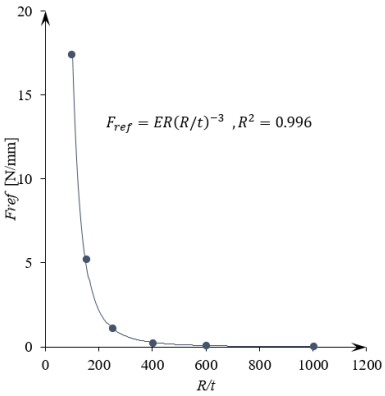


Figure 3. Buckling load vs. R/t ratios for circular arches.

A reduction factor denoted as Φ is introduced to measure the change in buckling load of an elliptical configuration based on the reference circular arch. The reduction factor can thus be given in the following form;

$$\Phi = F/F_{ref} = (a/b)^{1.767} \tag{2}$$

where F is the buckling load of an arbitrary elliptical arch configuration. The reduction factor Φ is plotted against *a/b* ratios (aspect ratio) for different *R/t* values ranging from 100 to 1000 in Fig.4. It is worth noting that no relation exists between reduction factor and *R/t* ratios. In this case, Φ can be expressed as only a function of *a/b* ratio with a regression coefficient of $R^2 = 0.997$.

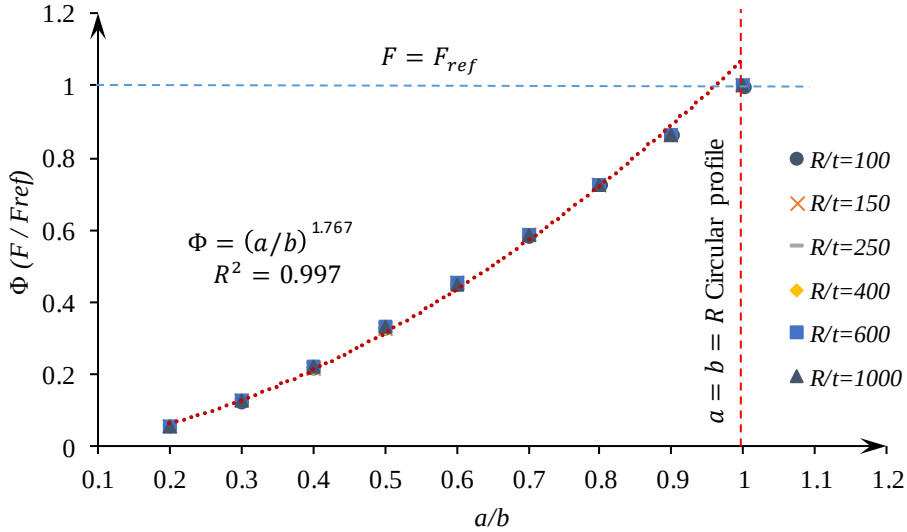


Figure 4. Reduction factor Φ versus *a/b* ratios at different *R/t* values.

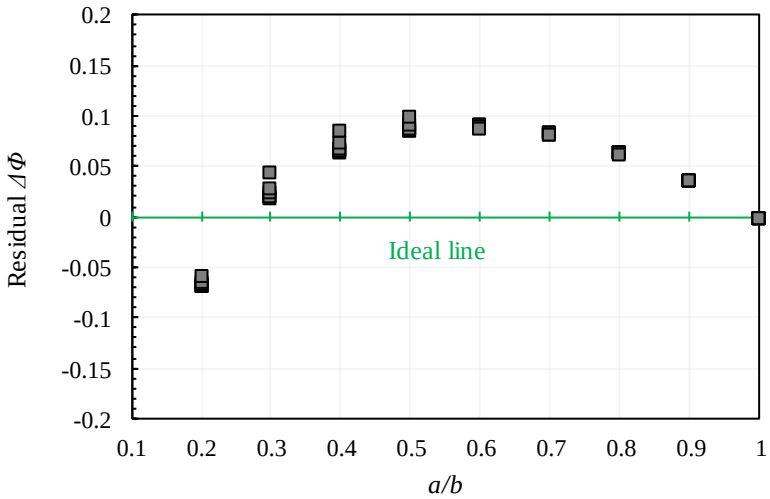
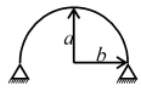


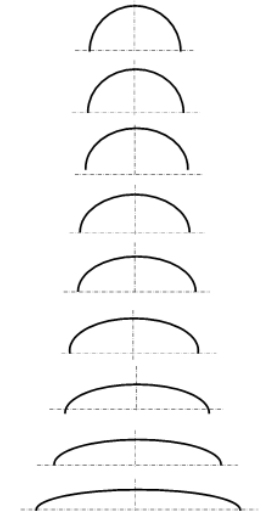
Figure 5. Residual ΔΦ vs *a/b* ratios.

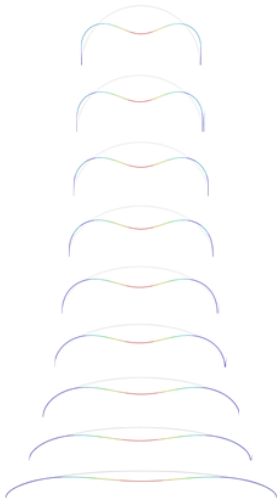
The elliptical configurations with the dimensions and corresponding limit loads (buckling loads) are given in Table 1. The deformation shapes and amount of deformation at the buckling instant are also prescribed in Table 1. It is seen that almost all of the configurations have similar buckle formation. The buckling loads are utilized to measure the accuracy of the proposed reduction factor relation. Therefore, Φ values are obtained using the limit load values in Table 1 then they are compared to Φ values calculated via Eq. 2. Residuals, denoted as ΔΦ, of the reduction factors are presented in Fig. 5 to reveal discrepancies between the numerical Φ values and Eq. 2. It can be said that the range of residuals is in the acceptable limits with a maximum error of 10%. As a result, Eq. 2 can be used as a tool to predict the limit load reduction of the elliptical arc structures under the action of a central radial point load considering elastic non-linear buckling.

Table 1. Elliptical arc configurations, dimensions and deformed shapes.



a [mm]	b [mm]	a/b	F_{lim} [N/mm]	w [mm]	Deformation shape at the instant of non-linear collapse
100	100	1.0	5.1715	47.5	
94.9	105.4	0.9	4.4722	44.5	
89.4	111.8	0.8	3.7553	41.5	
83.7	119.5	0.7	3.0394	38	
77.5	129.1	0.6	2.3465	34.4	
70.7	141.4	0.5	1.701	30.8	
63.2	158.1	0.4	1.1291	26.7	
54.8	182.6	0.3	0.65357	22.2	
44.7	223.6	0.2	0.29676	17.4	





4. CONCLUDING REMARKS

The load-carrying capacity of the elliptical arches is investigated numerically under the action of radial point load. Elastic non-linear buckling is considered and changes in the limit load of the elliptical arches as a reference to circular profile is formulated. The results drawn from the study are summarized as followings;

For an elliptical arch profile, limit load decreases exponentially with the increasing *a/b* ratios. The deviation of the limit load from an ideal circular profile can be formulated analytically using Eq. 2.

A relationship for the limit load is proposed as a function of *R/t* and *E* for an ideal circular arch. Additionally, the deviation of the limit load from an ideal circular profile is found out to be only the function of *a/b*. In other words, limit load deviation is regardless of *R/t* values of the reference profile.

For the identical cross-sectional areas of both elliptical and circular arch configuration, Eq. 1 and 2 are developed to predict their limit loads and amount of deviations from the circular profile in the practical structural applications.

REFERENCES

Vlasov VZ (1961), Thin walled elastic beams. 2nd ed. Washington, DC: National Science Foundation.

Yoo CH. (1982), Flexural-tensional stability of curved beams. Journal of Engineering Mechanics Division, ASCE 108:1351–69.

Yang YB, Kuo SR. (1987), Effect of curvature on stability of curved beams, Journal of Structural Engineering, ASCE 113(6):1185–202.

Papangelis TP, Trahair NS. (1987), Flexural-torsional buckling of arches, Journal of Structural Engineering, ASCE 113(4):889–906.

Rajasekaran S, Padmanabhan S. (1989), Equations of curved beams. Journal of Engineering Mechanics, ASCE 115(5):1094–111.

Yang YB, Kuo SR, Yau JD. (1991), Use of straight beam approach to study buckling of curved beams, Journal of Structural Engineering, ASCE 117(7):1963–78.

Yong-Lin Pi, Mark Andrew Bradford (2012), Nonlinear dynamic buckling of shallow circular arches under a sudden uniform radial load, Journal of Sound and Vibration, 331 4199–4217.

Zhicheng Yang, Chuang Feng, Jie Yang, Yu Wang, Jiangen Lv, Airong Liu, Jiyang Fu (2020), Geometrically nonlinear buckling of graphene platelets reinforced dielectric composite (GPLRDC) arches with rotational end restraints, Aerospace Science and Technology 107 106326.

Y.-L. Pi, M.A. Bradford, F. Tin-Loi (2007), Flexural-torsional buckling of shallow arches with open thin-walled section under uniform radial loads, Thin-Walled Structures 45 352–362.

Zhanzhan Tang, Wei Zhang, Jianbing Yu, Stanislav Pospíšil (2020), Prediction of the elastoplastic in-plane buckling of parabolic steel arch bridges, Journal of Constructional Steel Research 168 105988.

Yong-Lin Pi, Mark Andrew Bradford (2003), Elasto-plastic buckling and postbuckling of arches subjected to a central load, Computers and Structures 81 1811–1825.

H. Shafiee, M.H. Naei, M.R. Eslami (2006), In-plane and out-of-plane buckling of arches made of FGM, International Journal of Mechanical Sciences 48 907–915.

Zixiang Zhang, Airong Liu, Jie Yang, Yong-lin Pi, Yonghui Huang, Jiyang Fu (2020), A theoretical and experimental study on in-plane buckling of orthotropic composite arches under an arbitrary radial point load, Composite Structures 237 111933.

Si (111) ALLTAŞI ÜZERINE BÜYÜTÜLMÜŞ AIN İNCE FİLMLERİN SPEKTROSKOPİK ELİPSOMETRİ TEKNİĞİ İLE OPTİK KARAKTERİZASYONU

İlhan KARAKUŞ
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Dr. Öğretim Üyesi İsmail ALTUNTAŞ
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Doç. Dr. İlkay DEMİR
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

ÖZET: Spektroskopi elipsometre (SE) tekniği ile epitaksiyel AIN/Si(111) ince filmin ara yüzeyinin incelemesi ve optik karakerizasyonu gerçekleştirildi. Yarıiletken teknolojisinde silikon tabanlı aygıtların performansı gelişen teknolojiye uyum sağlayamamasından dolayı yeni malzemeler keşfedilmesine neden oldu. Son yıllarda yarıiletken teknolojisinde III-Nitrat olarak adlandırılan periyodik cetvelin III grubu elementleri In, Ga ve Al'un V grubu elementi N ile yaptığı bileşik (GaN, AlN, InN) yarıiletken malzeme çalışmaları hız kazandı. Bu grup yarıiletkenlerde AIN ince film geniş bant aralığına ve yüksek kırılma indisine sahiptir. Mor ötesi ışık üreten kaynaklar ve detektörlerin üretiminde AIN ince filmi alternatif bir ürün olması bu yönde çalışmaların artmasına neden olmuştur. MOCVD(metal organik kimyasal buhar depolama) ile kristal büyütme yöntemi son zamanların popüler çalışma alanı olmasından dolayı bu büyütme işleminin karakterizasyonu da çok önemli olmaya başlamıştır. AIN ince filmin optik parametrelerinin belirlenmesinde SE etkin bir cihazdır. MOCVD yöntemi ile büyütülen epitaksiyel AIN/Si(111) ince filmin yüksek sıcaklık etkisi sonucu film ve alttaş arasında yüksek örgü uyumsuzluğu ve termal genleşme katsayısı uyumsuzluğu nedeniyle literatürdeki çalışmalar daha çok kristal yapı analizi ile ilgilenmektedir. Literatürdeki çalışmaları destekleyecek şekilde optik karakterizasyon tekniği uygulandı. Bu sebeple AlN/Si (111) yapısının büyütme sırasında ortaya çıkan etmenlerin, kırılma indisi, sönüm katsayısı gibi optik analizi ile elde edilecek çıktıların literatüre getireceği yenilikler şüphesiz kendisine daha hızlı yer bulacaktır. SE Psi (ψ) ve Delta (Δ) ölçülür. Bunlar genlik oranı ve faz kayması olarak adlandırılmaktadır. Bu parametrelerin yardımı ile film kalınlığı, kırılma indisi ve sönüm katsayısı gibi değerler Fresnel eşitlikleri yardımıyla sağlamaktadır. SE ile çıkan verilerin direk olarak optik analizi gerçekleştirilemez. Bu nedenle çalışmada parametre-

lerin bulunabilmesi için uygun matematiksel modelleme ve Brewster açısı belirlenmiştir. Yapılan analizlerden büyütme esnasında yüksek sıcaklık etkisinden dolayı AIN ince filmin Si(111) alttaşın yüzeyinde (dolayısıyla Si-AlN arayüzeyinde) amorflaşma oluştuğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimler: Alüminyum Nitrat İnce Film, MOCVD (Metal Organik Kimyasal Buhar Depolama), Spektroskopik Elipsometre (SE)

ABSTRACT: Optical characterization of the examination interface of the epitaxial AIN/Si(111) thin film was performed using the spectroscopic ellipsometer (SE)technique.The performance of silicon-based devices in semiconductor technology has caused to be discovered new materials in semiconductor technology.Recently,In semiconductor technology,the compound (GaN,AlN,InN)semiconductor materials studies made by the III group elements In,Ga and Al of the periodic table called III-Nitrate with the Vgroup element N gained speed.In this group of semiconductors,AIN thin film has a wide bandgap and a high index of refraction.Since AIN thin film is an alternative product in the production of UVlight-emitting sources and detectors,it has increased the studies in this direction.Since the crystal growth method with the MOCVD method has been a popular field of study recently,the characterization of this growth process has become veryimportant.(SE)is an effective device for determining optical parameters of AIN thin film.Due to the high-temperature effect of the Epitaxial AIN/Si(111)thin film grown by the MOCVD method,the high lattice incompatibility between the film and the substrate,and the incompatibility of thermal expansion coefficient,studies in the literature are mostly concerned with crystal structure analysis.Optical characterization technique was applied to support the studies in the literature.For this reason,the innovations that will be brought to the literature by the optical analysis of the factors such as the refractive index and the extinction coefficient of the AlN/Si(111)structure will undoubtedly find a place for itself faster.These parameters, values such as film thickness,refractive index and extinction coefficient are provided with the help of Fresnel equations.It is not possible to directly analyze the data obtained with the (SE).Therefore,appropriate mathematical modeling and Brewster angle were determined in order to find the parameters in the study.From the analysis done, AIN thin film from high temperature effect during growth because,It was determined that amorphization occurred on the surface of the Si(111) substrate(hence at the Si-AlN interface).

1.GİRİŞ

Yarıiletken teknolojisinde klasik silikon tabanlı cihazların günümüz teknolojisi için performans ve üretim yöntemleri bakımından uyum sağlayamamasından dolayı yeni malzemelerin ve cihazların gelişmesine sebep olmuştur. Yeni üretim tekniği ise metal organik kimyasal buhar çöktürücü yöntemi ise 1960 'lı yıllarda Manasevit ve arkadaşları geliştirdiği bir tekniktir. Bu teknik yarıiletken sektöründe hızlı üretim ve maliyeti düşük teknoloji olarak yerini aldı. MOVCD (metal organik kimyasal buhar biriktirme) kristal büyütme tekniği ile safir üzerine büyütme ile yarıiletken teknolojisine yeni cihazlar kazandırdı(ilkay demir, 2011). III-V grubu malzemeler olarak adlandırılan bu ürünler yarıiletken teknolojisinde çok önemli bir yer tutar. Günümüz teknolojisine uyum sağlayışı ise geniş bant aralığı ve yüksek kırılma gerilimine sahip olması nedeni ile III-N tabanlı malzemelerin çalışmaları hız kazandı. Bu özelliklerinden dolayı yüksek voltaj ve yüksek sıcaklıklar da çalışabilen elektronik devre elemanları yapımında çok önemli yer tutarlar. Bunların yanı sıra geniş bant aralığa sahip olmasında, kırmızıdan mor ötesi dalga boylarına uzanan ve görünür bölgeyi de kapsamak üzere tüm spektrumlarda çalışabilen optoelektronik cihaz uygulamalar içinde aranan malzemeler olmuşlardır(ismail altuntaş, 2012). Yarıiletken teknolojisinde III-Nitrat olarak adlandırılan periyodik cetvelin III grubu elementleri In, Ga ve Al'un V grubu elementi N ile yaptığı bileşik (GaN, AlN, InN) , onların çoklu alaşımları (AlGaN, InxGa1-xN, AlInGaN gibi) sahip oldukları özellikler nedeni ile mikro elektronik ve optoelektronikteki birçok alanda uygulama alanı bulmaktadır. (GÜNGÖR et al., 2013) Bu grup malzemeler içinde Alüminyum nitrat (AIN) UV-görünebilir yüksek yasak bant aralığına çalışabilen optoelektronik ve mikro elektronik cihazlarla üretiminde teknolojiye uyum sağlayan yeni malzeme olarak çalışmalar hız kazandı. Yarıiletken teknolojisinde epitaksiyel kristal büyütme tekniğini çalışmalarının hız kazanması sonucu kullanılan alttaş yetersiz olmaya başlamıştı. Alttaş eksikliği ise cihaz performansını etkileyen faktör olmasının sebebi kusur yoğunluğu, yüzey/ara yüzey morfolojisi uyumsuzluğu sonucudur. Silikon ve ya safir alttaş üzerine büyütülen AIN ince filmin optoelektronik ve mikroelektronik cihaz olarak kullanıldığı gibi heteroyapı kristal büyütmeler için alttaş olarak kullanılması ise son yıllarda yapılan çalışmalar arasında yer almaktadır. (ismail altuntaş, 2012). Bu durum ise AIN ince film ile alttaş arasında büyütme esnasında yüksek sıcaklık etkisi sonucu ara tabaka görülmektedir. Ara tabaka hakkında detaylı bilgi ihtiyacı doğmuştur.Bu çalışmada ise MOCVD yöntemi ile büyütülen epitaksiyel AIN/Si(111) ince filmin yüksek sıcaklık etkisi sonucu film ve alttaş arasında yüksek örgü uyumsuzluğu ve termal genleşme katsayısı uyumsuzluğu nedeni ile ara yüzeyde oluşan tabakanın op-

tik karakerizasyonunu gerçekleştirildi. AIN ince film ile alttaş arasında büyütme esnasında yüksek sıcaklık etkisi nedeni ile alttaş yüzeyinde (dolayısıyla Si-AlN ara yüzeyinde) amorflaşma oluştuğu görülmektedir. Literatürdeki çalışmalar daha çok kristal yapı analizi ile ilgili çalışmalardır.(Sun et al., 2017). AIN ince film ile alttaş arasında oluşan bu katman ile ilgili literatürdeki çalışmaları destekleyecek optik karakterizasyonu spektroskopik elipsometre(SE) le gerçekleştirdik. SE ile optik karakterizasyon ise direk olarak optik analizi gerçekleştirilemez. SE ile verileri analizini gerçekleştirmek için uygun matematiksel modellemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda uygun bir optik model belirlendi. AIN/Si(111) ince filmin büyüme esnasında ortaya çıkan yüksek sıcaklık etkininde göz önüne alarak uygun model arayış gerçekleştirdik.

AIN/Si(111) ince film için yapılan çalışmalar neticesinde ve literatür taraması sonucu uygun matematiksel model ise Air/Al_2O_3 +Void/AIN/Amorf Si/Si(111) olacak şekilde belirlendi. Bu optik modele göre fit(uydurma) işlemi ile MOVCD ile büyütülmüş AIN ince filmin optik parametreleri belirledik.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

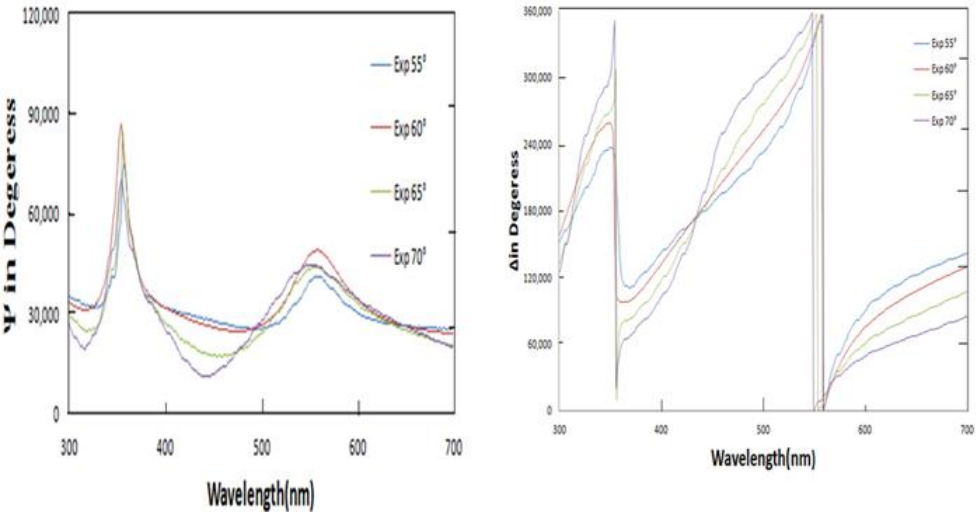
2.1. Örnek Hazırlama

Sivas Cumhuriyet üniversitesi Nanofotonik uygulama araştıra merkezinde kurulu olan Aixtron 200/4 RF-S alçak basınç, radyo frekanslı (RF) yatay akışlı MOCVD (metal organik kimyasal buhar depolama) sistemi ile AIN/Si(111) ince filmi büyütüldü. Büyütme sıralaması şu şekildedir: Si(111) alttaşın yüzeyini temizlemek için kusturma yapıldı. Yüzey kontaminasyonunu ve adsorbe olmuş suyu gidermek için H_2 ortamında 10 dakika 1200 C^o sıcaklıkta bekletildi. H_2 ve N_2 gazlarının karışımı kullanarak büyütme için taşıyıcı gaz olarak kullanılmıştır. Trimetilalüminyum (TMAl) ve amonyak (NH_3), Al ve N'nin öncüleri olarak kullanılmıştır.

2.2. Spektroskopik Elipsometri

Spektroskopik elipsometere ince filmlerin kalınlığı ve filmin optik özeliğini belirlemede ultraviyole (UV) ve yakın kızılötesi (NIR) spektral aralığa kadar birçok dalga boyu polarize edilmiş ışığı kullanarak tahribatsız ölçüm yapan deneysel araçtır(Tompkins & Irene, 2005) . Sivas Cumhuriyet üniversitesi nanofotonik uygulama merkezinde kurulu olan TT-90(opt-s500) Spektroskopik elipsometre ile TÜBİTAK projesi olan Si(111) alttaş üzerine büyütülmüş AIN ince filmin optik karakterizasyon

gerçekleştirdik. AIN/Si(111) ince filmin büyütme sırasında yüksek sıcaklık etkisi ve büyütme parametrelerini göz önüne alarak SE ile ince film kalınlığı ve optik parametrelerini belirlemek için 55° ,60° , 65°, 70° derece açılar ile 1 nm duyarlıklı ölçümler gerçekleştirdik. Bu ölçümler ile film kalınlığını belirlemede en iyi yöntemdir (Wang et al., 2005) . AIN/Si(111) ince filmin 6.2 ev bant aralığına sahip olması ve mor ötesi dalga boyu aralığında çalışan optoelektronik cihaz olmasından dolayı 250-1000 nm aralığında ölçümler gerçekleştirdik. SE ile Psi (ψ) ve Delta (□) değerlerinin ölçümü şekil 1. de gösterilmektedir. SE dolaylı bir cihaz olduğu için direk optik analiz gerçekleştirilmez. SE ile optik analiz yapmak için ölçülen verileri uygun bir optik modelle karşılaştırır(Likhachev, 2015).

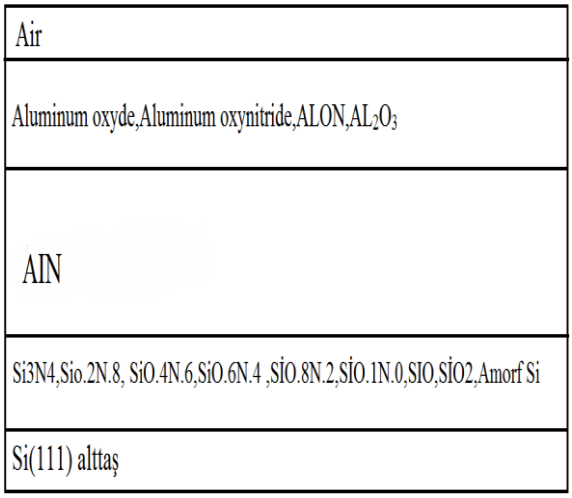


Şekil.1. AIN 01 Si-063 numaralı örneğin SE ölçümü: a) Psi (ψ) ,b) Delta (□) grafikleri.

AIN/Si(111) ince filmin yapılan çalışmalarda da PALE büyütme tekniği ile büyütülen ince film için SE ölçümlerine uygun bir matematiksel model belirlemek gereklidir. Optik model belirlenerek yapılan fit(uydurma) işlemi ile ince filmin optik özelliği hakkında bilgi alabiliriz. Yapılan çalışmalar ve literatür taranması sonucu tahmini matematiksel modellemeler şekil 2 de gibi bir optik model belirlenerek çalışmalar yapıldı. Şekil 2deki optik modelle göre yapılan fit sonuçları ve literatür araştırmasında MOVCD ve MBE ile büyütülmüş AIN/Si(111) ince film için yapılan optik karakterizasyon kıyaslama neticesinde şekil 3 deki gibi bir optik model oluştu-

ruldu.(Tungare et al., 2011)(Landŕ et al., 2010) .Yapılan çalışmalarda en uygun matematiksel model olarak belirlendi.Bu modele göre yapılan fit(uydurma) işlemi AIN/Si(111) ince filmin uygun optik model olarak belirlendi.

Spektroskopik elipsometre ile yapılan optik karakterizasyon diğer cihazlar gibi direk sonuç vermediğini çalışan bilim insanlarının en büyük sorunudur (Likhachev, 2015). SE ile optik karaketizasyon yapmak zaman alıcı olmasına rağmen ince filmlerin kalınlık belirleme, ara tabaka oluşumu, yüzey pürüzlülüğü ve optik parametrelerin belirlenmesinde en etkili cihazdır.

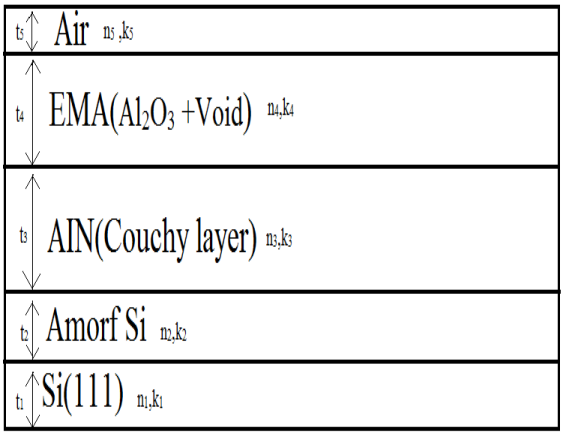


Şekil.2 . Matematiksel model

SE optik parametre belirlemede atomik boyut duyarlılığı olmasından dolayı hassa ölçüm yapan cihazdır. Spektroskopik elipsometrede matematiksel model belirleme ince film in optik karakterizasyonun hatasız yapılması için önemlidir. Model belirlemek bir sürecin bir zaman alıcı durumdur.

Matematiksel model belirlemede büyütme esnasında ortaya çıkan durumu göz önüne alarak ve literatür çalışmalarını takip ederek yapılan bir ayrı çalışma ve zaman alıcı durumdur. Yapılan bu modellemeye göre ölçümü alınan örneğin PSİ (ψ) , Delta (Δ) grafiklerinin uyum sağlaması için fit(uydurma) işlemi yapılır. Fit işlemi ile filmin optik modeli ile matematiksel model kıyaslaması sonucu AIN/Si(111) filmin optik parametrelerini belirlemiş olduk. SE de belirlemen matematiksel modele göre fit işlemi karesel hatta yani MSE değerinin düşük değerde olması fit işleminin yani optik modelle ince film uyum içinde olduğunu belirtir. SE de büyütülen filmlerin kristal

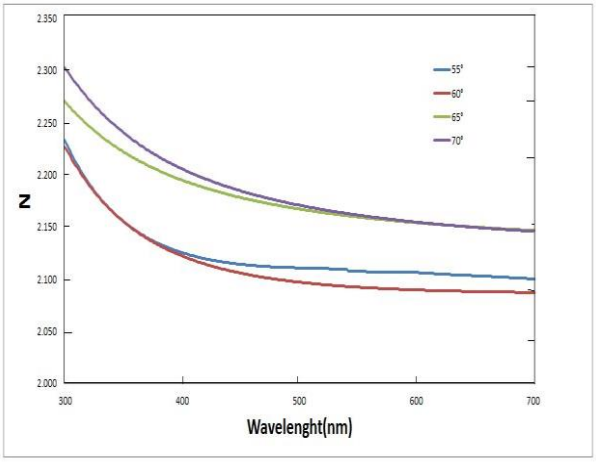
yapısı bilinmediği için modellemede katmanların matematiksel hesaplanması için katmanların kırıcılı indisi ve sönüm katsayısın belirlemede optik fonksiyonlar kullanılır(Tompkins & Irene, 2005). Bu fonksiyonları ince filmin bant aralığını ve hangi spektrum aralığında çalıştığını bilmek yeterlidir. AIN/Si(111) ince film mor ötesi ışık yayması ve literatür taraması neticesinde (Couchy layer) katmanın kullanılmaya karar verildi. (ref) Üst tabaka için ise film büyütmesinde ortaya çıkan dislokasyon sonucunda yüzey pürüzlülüğünden dolayı üst tabakada boşluklu yapı ortaya çıkmaktadır. Bu oluşum ilk büyütmede Si(111) alttaş ile ince film arasında oluşan kristal uyumsuzluk neticesinde doğmaktadır. Üst katmanın optik fonksiyonu ise literatürdeki makalelerde açıkça belirtmiştir(Korbutowicz et al., 2017).



Şekil.3. Optik model

3.SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Spektroskopik elipsometre ile yapınla fit(uydurma) işlemi ile AIN/Si((111) ince filmin optik parametreleri belirlendi. AIN/Si(111) ince filmin 250-1000 nm Aralığında 4 açılı 55 60 65 70 derece ölçümleri alındı. Yapılan fit işleminde hatta oranı yani MSE değerini minimin yapabilmek için ölçülen değerlerin bir kısmını kesmek zorunda kaldık. MSE hatasının minimin değere ulaşması için 300-700 nm aralığına kadar düşürerek fit işlemimi gereçleştirdik. Yapılan fit grafiği şekil 4 de verilmiştir. AIN/Si(111) ince filmi için yapına optik analizlerin ile brewster açısı 64.64 ^{o} derece olarak hesaplandı. 300-700 mn de brewster açısına yakın olan 65° derecede ince filmin kırılma indisi 2.234 -2.116 Sönüm katsayısının 0.0000 değerinde bulduk. Şekil. 4 de kırılma indisi ve sönüm katsayısı grafiği gösterilmektedir.



Şekil.4 .N kırılma indisi grafiği

Yapılan fit sonucunda AIN ince filmi mor ötesi bölgede olduğu için Couchy layyer katmanı kullanıldı. Üst katman için ise EMA layer katmanı kullanıldı. Brewster açısının 64.65 olarak hesaplanması sonucu yakın açı olan 65 derecede yapılan fit işlemlerinini sonucu katmanlarının kalınlıkları ve diğer ifadeler tablo.1 de verilemiştir.

Tablo.1 :AIN/Si(111) ince filmini katman kalınlıkları

ÖR-NEK	Si(111)	Amorf Si	AIN(Co-uchy)	Al2O3 + Void	Air	MSE
-	Kalınlık (nm)	Kalınlık (nm)	Kalınlık (nm)	Kalınlık (nm)EMA=%28	Kalınlık (nm)	Hatta
AIN 01Si-063	1.00mm	4.91 nm	202.22nm	30.02nm	1.00nm	3.42

Kaynakça

GÜNGÖR, N., Dal, F. A., Program, F., Do, M. A. N., & Alevl, M. (2013). *PLAZMA İLE ETKİLENDİRİLMİŞ ATOMİK KATMAN BÜYÜTME YÖNTEMİ İLE BÜYÜTÜLEN AlN İNCE FİLMLERİN OPTİK ÖZELLİKLERİ*.

ilkay demir. (2011). *SAFİR ALTTAŞI ÜZERİNE BÜYÜTÜLEN GaN EPİTAKSİYEL TEK KRİSTAL İNCE FİLMLERİN XRD YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ* (Vol. 11, Issue 2). https://doi.org/10.16194/j.cnki.31-1059/g4.2011.07.016

ismail altuntaş. (2012). *SAFİR ALTTAŞ ÜZERİNE BÜYÜTÜLEN GaN HETEROYAPILARININ HALL SİSTEMİ İLE ELEKTRİKSEL KARAKTERİZASYONU*.

Korbutowicz, R., Zakrzewski, A., Rac-Rumijowska, O., Stafiniak, A., & Vincze, A. (2017). Oxidation rates of aluminium nitride thin films: effect of composition of the atmosphere. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, *28*(18), 13937–13949. https://doi.org/10.1007/s10854-017-7243-5

Landŕ, O., Fellmann, V., Jaffrennou, P., Bougerol, C., Renevier, H., Cros, A., & Daudin, B. (2010). Molecular beam epitaxy growth and optical properties of AlN nanowires. *Applied Physics Letters*, *96*(6), 26–29. https://doi.org/10.1063/1.3315943

Likhachev, D. V. (2015). Efficient thin-film stack characterization using parametric sensitivity analysis for spectroscopic ellipsometry in semiconductor device fabrication. *Thin Solid Films*, *589*, 258–263. https://doi.org/10.1016/j.tsf.2015.05.049

Sun, L., Lu, H. L., Chen, H. Y., Wang, T., Ji, X. M., Liu, W. J., Zhao, D., Devi, A., Ding, S. J., & Zhang, D. W. (2017). Effects of Post Annealing Treatments on the Interfacial Chemical Properties and Band Alignment of AlN/Si Structure Prepared by Atomic Layer Deposition. *Nanoscale Research Letters*, *12*(1). https://doi.org/10.1186/s11671-016-1822-x

Tompkins, H. G., & Irene, E. A. (2005). Handbook of Ellipsometry. In *Handbook of Ellipsometry*. https://doi.org/10.1515/arh-2005-0022

Tungare, M., Kamineni, V. K., Shahedipour-Sandvik, F., & Diebold, A. C. (2011). Dielectric properties and thickness metrology of strain engineered GaN/AlN/Si (111) thin films grown by MOCVD. *Thin Solid Films*, *519*(9), 2929–2932. https://doi.org/10.1016/j.tsf.2010.12.079

Wang, L.-P., Shim, D. S., Ma, Q., Rao, V. R., Ginsburg, E., & Talalyevsky, A. (2005). Characterization of polycrystalline AlN films using variable-angle spectroscopic ellipsometry. *Journal of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, and Films*, *23*(4), 1284–1289. https://doi.org/10.1116/1.187519

STOK SINIFLANDIRMA PROBLEMİNİN AHP- ABC-XYZ BÜTÜNLEŞİK YÖNTEMİYLE ÇÖZÜMÜ VE KABLO ÜRETİM SEKTÖRÜNDE UYGULANMASI

Mesut Çağatay TOK
İstanbul Ticaret Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Emin Başar BAYLAN
İstanbul Ticaret Üniversitesi

ÖZET: Hızla gelişen teknoloji ve değişen pazar şartları beraberinde yoğun bir rekabet ortamı getirmiş, bu yoğun rekabet ortamında da işletmeler ayakta kalabilmek için maliyetlerini düşürmek, ürünlerin kalitesini yükseltmek ve verimliliklerini arttırmak zorunda kalmıştır. Bu amaca ulaşabilmek için sıklıkla uygulanan yöntemlerden biri de stok yönetimi olmuştur. Stok yönetiminde, uygulanan stok modelleri sayesinde sipariş edilecek stok miktarının ne olması gerektiği, siparişlerin ne zaman yapılması gerektiği ve stokların önem derecelerine göre sınıflandırılması amaçlanmaktadır. Bu çalışmada, stok planlaması ve sınıflandırılması üzerine araştırmalar yapılmış ve yeni geliştirilen bir stok planlama yöntemi üzerinde durulmuştur. Daha sonra uygulama olarak, Tekirdağ'da faaliyet gösteren bir kablo fabrikasında ABC analizi, XYZ analizi, ABC-XYZ matrisi analizi, AHP yöntemi ve yeni geliştirilen ABC-XYZ matrisinin AHP ile entegrasyonu yöntemleri uygulanmıştır. Böylece depo içerisinde bulunan ürünleri sınıflandırarak verimlilik artışı hedeflenmiştir. Sonuçta uygun stok planlama yöntemlerinin uygulanmasıyla daha az stok maliyetleri oluşturulabileceği ve daha fazla müşteri memnuniyetlerinin sağlanabileceği görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: *Stok modelleri, ABC analizi, XYZ analizi, ABC-XYZ analizi, Analitik Hiyerarşi Süreci,*

ABSTRACT: Rapidly developing technology and changing market conditions brought an intense competitive environment, and in this intense competitive environment, businesses had to reduce their costs, increase the quality of their products and increase their productivity in order to survive. One of the most effective methods used to achieve this goal was inventory management. In stock management, it is aimed to classify the stock quantity to be ordered, when the orders should be made and the inventory importance according to the stock models applied. In this study, researches on stock planning and

classification have been made and a newly developed stock planning method has been explained. Then, ABC analysis, XYZ analysis, ABC-XYZ matrix analysis, AHP method and integration of the newly developed ABC-XYZ matrix with AHP were applied in a cable factory operating in Tekirdağ. In this way, it is aimed to increase efficiency by classifying the products in the warehouse. As a result, it has been observed that by applying appropriate stock planning methods, less inventory costs can be created and more customer satisfaction can be achieved.

Keywords: *Inventory models, ABC analysis, XYZ analysis, ABC-XYZ analysis, Analytic Hierachy Process*

1. GİRİŞ

Stoklar sahip oldukları maliyet oluşturma potansiyelinin yanı sıra müşteri hizmet düzeyinin arttırılması amacını destekleyen bir potansiyele de sahiptirler. İşletmenin elinde bulundurduğu stokların oluşturduğu maliyetler uygun stok seviyesinden sapma yaşandığında artmaktadır. Bu hassas dengenin korunabilmesi etkin stok yönteminin sağlanması ile olabilmektedir. En iyi stok yönetim sistemi, işletmenin amaçlarına göre ihtiyacı karşılayacak şekilde dengeli bir stok bulundurulmasına imkân veren sistemdir. Stok yönetimi ile ilgili ABC, XYZ analizi ve AHP yöntemi içeren son yıllarda yapılmış bazı araştırmalar aşağıdaki gibidir.

Kasap vd. (2010), stokastik stok yönetim modeli kullanılarak iş makinelerinin onarımında kullanılan kritik yedek parçalar için stok sistemi oluşturulması isimli çalışmalarında, iş makinelerinin bakım onarım deposu için stokastik stok modeli oluşturmuşlardır. Çözüm metodu olarak geliştirilmiş ABC analizini içeren ve elektronik tablolarda kolayca uygulanabilen sezgisel bir yöntem önerilmiştir. Son olarak, önerilen model ile bir uygulama ve maliyet analizi yapılmış ve mevcut durum ile modelde önerilen optimum stok düzeyindeki maliyetlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Model kullanımı maliyetlerde %5'in üzerinde bir azalma sağlamaktadır.

Elden (2011)'in çalışmasında hastanelerin fonksiyonlarını en etkili ve verimli bir biçimde sürdürebilmeleri için stok kontrol yöntemlerinden en uygunun seçilmesi için Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) uygulanmıştır. AHP'ye dayanarak kurulan model çerçevesinde başlıca stok kontrol yöntemleri maliyet, zaman ve imaj karar kriterlerine göre birbirleriyle karşılaştırılmış ve Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi Araştırma Hastanesi için en uygun stok kontrol yöntemi seçilmeye çalışılmıştır. Araştırmanın sonucuna göre tam zamanında (JIT) stoklama yöntemi Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi Araştırma Hastanesi'nde uygulanmıştır.

Çokoy (2013) çalışmasında, plastik sektöründeki bir firma için stok değerleri açısından önem derecesi yüksek olan ürünlerin ileriye yönelik stok politikasını oluşturmak ve ilerleyen dönemler için bir tahmin yapılarak üretim parti büyüklüklerinin bulunması konu edinmiştir. Stok sınıflandırma için literatürde yeni geliştirilen ABC sınıflandırma sistemleri karşılaştırılarak bir öneri geliştirmiş, bulunan A sınıfı ürünler için bir sonraki yılı içeren talep tahminleri yapmıştır.

Balaji ve Senthil Kumar (2014) yapılan çalışmada otomobil endüstrisinin temel problemi olan otomobil lastiklerinin stok sınıflandırılması amaçlamışlardır. AHP yöntemini stok sistemlerinin tahmin değerleri için kullanmıştır. Bu yöntemle otomobil lastik bileşenleri için daha iyi stok sınıflandırma belirlemiştir. Depo kullanımına göre stok kalemleri A, B ve C sınıflarına ayrılmıştır. Deponun incelenebilirliği ve kullanımı arttırılmıştır.

Gustriansyah, R. vd. (2015) yapılan çalışmada bir eczanede stoklanan ürünleri incelemişlerdir. Depolan ürünlerin fazla olması depo verimliliğini ve maliyeti arttırdığını belirlemişlerdir. Bunun için karar destek sistemi geliştirip FAHP ve SPA yaklaşımlarını uygulamışlardır. Buna ek olarak stok yönetimi için tahmin modeli de geliştirerek bir eczane yöneticisinden %18 daha fazla başarılı stok tahmininde bulunarak bir karar destek sistemi oluşturmuşlardır.

Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak; yapılan bu çalışma da ABC-XYZ analizi ve kapsamında Edirne ilinde faaliyet gösteren bir kablo üretim tesisinde stoklanan ürünler incelenmiş, satın alma, üretim ve üst düzey yöneticiler ile görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bunun sonucunda yeni bir stok geliştirme yöntemi olan ABC-XYZ matrisi analizinin AHP ile entegrasyonu yöntemi geliştirilmiştir. Bu stok geliştirme yöntemi için stok sınıflandırma yöntemleri olan ABC analizi, XYZ analizi ve çok kriterli karar verme yöntemi olan AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) yöntemi kullanılarak geliştirilmiş olan AHP stok sınıflandırma yöntemi incelenmiştir. Geliştirilen yöntem ile ABC analiziyle mali değeri yüksek olan ürünlere odaklanılmış, XYZ analiziyle talepte ki farklılaşmaları incelenmiş ve AHP stok sınıflandırma yöntemi ile uzman kişi ve matematiksel verilerine göre ürünler sıralanmıştır. Uygulama bize üç farklı yöntemi uygulayarak optimum sonucu vermiştir.

2. YÖNTEM

2.1. ABC analizi, XYZ analizi ve ABC-XYZ analizi yöntemi

A grubu ürünler, firma içerisinde yıllık tüketim değerinin (maliyet) en fazla olduğu ürünlerdir. Toplam stok miktarının %10-20'si bu ürünlere aittir. Fakat toplam değerin %70-80'i bu ürün grubunda ki ürünler oluşturur. B grubu ürünler, tüketim

miktarı olarak yıllık %15-25'leri bulan ürünlerdir. Toplam stok miktarının %30'u bu ürünlere aittir. Toplam değer olarak ise %15-20'sini oluşturur. C grubu ürünler ise yıllık tüketim değerleri en az olan ürünlerdir. Buna karşılık bu ürünler toplam stok miktarının %50'sini oluşturmaktadır. Yıllık tüketim değeri olarak oranları en az olan ürünleri oluşturur. Toplam değerin %5-10'u bu ürünlere aittir.

XYZ analizinde X "düzenli", Y "salınımlı" ve Z "düzensiz" kullanılan ya da ihtiyaç duyulan parçaları temsil etmektedir. X sınıfı parçalar da stoksuzluğuna izin verilmeyecek kadar kritik ürünler, Y sınıfı parçalar belirli miktarda stok tutulan ve belirli miktarlar için stoksuzluğuna izin verilen ürünler, Z sınıfı ürünler ise stoksuzluğuna izin verilebilen, daha az öneme, kritikliğe sahip ürünlerdir. (Aydemir, 2015)

XYZ gruplandırması içerisinde herhangi belirlenmiş bir süreç için (genellikle yıl olarak) kullanılan ürünün standart sapma değerlerinin, o ürünün ortalama değerine bölümüyle değişim katsayısı adı altında bir değer elde edilmektedir. Bu değişim katsayısı değeri 0,5'ten küçük ise "X" grubu, değişim katsayısı 0,5 ile 1 arasında ise "Y" grubunu ve 1'den büyük ise "Z" grubunu temsil etmektedir. (Scholz-Reiter vd., 2012)

ABC- XYZ matrisi analizi yöntemi ayrı ayrı uygulanan ABC analizi ve XYZ analizi yöntemlerini tek bir çözüm matrisinde birleştiren bir uygulanmaktadır. Yöntem bize doğru stok kapsamını belirlemek ve doğru güvenlik stokunu tanımlamak için riskli veya kısmi riskli olan ürünleri belirleyebilmemizi sağlamaktadır.

Çizelge 1. ABC- XYZ matrisi analizinin gösterimi

	A	**B**	**C**
X	Yüksek Değer yüzdesi Düşük değişkenlik Kolay tahmin	Ortalama değer yüzdesi Düşük değişkenlik Kolay tahmin	Düşük değer yüzdesi Düşük değişkenlik Kolay tahmin
Y	Yüksek değer yüzdesi Orta derece değişkenlik Orta zorlukta tahmin	Ortalama değer yüzdesi Orta derece değişkenlik Orta zorlukta tahmin	Düşük değer yüzdesi Orta derecede değişkenlik Orta zorlukta tahmin
Z	Yüksek değer yüzdesi Yüksek değişkenlik Zor tahmin	Ortalama değer yüzdesi Yüksek değişkenlik Zor tahmin	Düşük değer yüzdesi Yüksek değişkenlik Zor tahmin

2.2. Analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemi

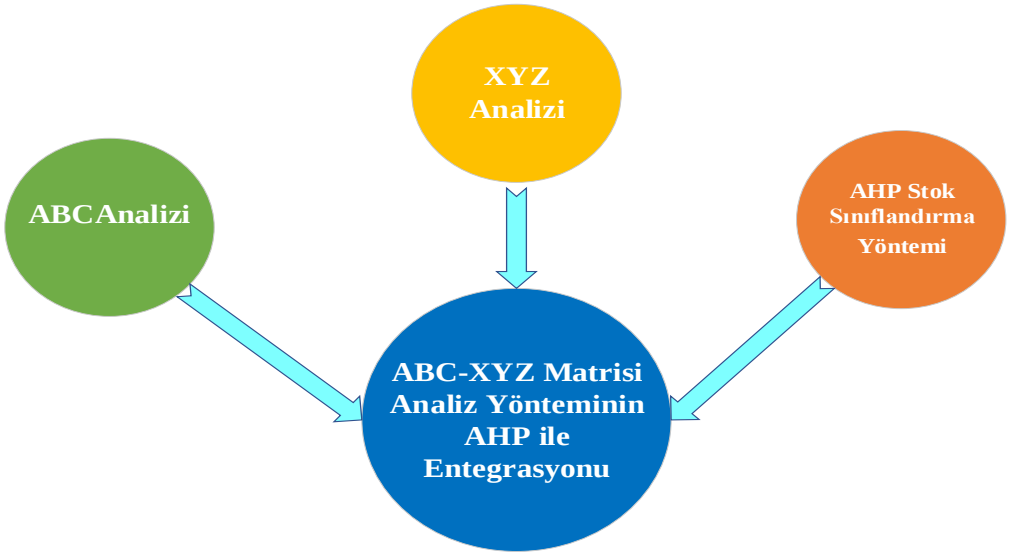
Çok kriterli karar verme karar analizinin yaygın uygulanan, birden fazla karar kriterinin değerlendirilmesi ile alternatifler arasından seçim yapılmasını, alternatiflerin gruplanmasını veya sıralanmasını sağlayan yöntemleri içermektedir. (Timor M. 2011). En yaygın kullanılan metotların başında Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) gelmektedir.

AHP metodu, altında çok sayıda alternatif arasından seçim yaparken, çok sayıda karar vericinin bulunduğu, çok kriterli karar verme durumunda kullanılır. Bu aşamada başarılı ve gerçekçi sonuçlara ulaşılabilmesi için konularında uzman ve bilgili kişilerin tercih edilmesi oldukça önemlidir. AHP'nin başarılı sonuçlar verebilmesi tamamen bu kişilerin ikili karşılaştırmalardaki bilgilerinin tutarlılığına bağlıdır (Şahin, 2007: 47).

2.3. ABC-XYZ matrisi analizi ve analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemlerinin birleştirilmesiyle bir stok sınıflandırma yöntemi geliştirilmesi

AHP ile stokların önem sırasına göre sıralamak uygulanan bir durumdur. Yöntem ile karar kriterleri birbirleriyle karşılaştırılmakta, seçilen ürünlerin birbirlerine olan üstünlükleri karşılaştırılmasıyla ürünler önem sırasına göre sıralanmaktadır. Fakat bu gerçekleştirilirken herhangi bir sınıflandırması uygulanmamaktadır. Yeni geliştirilen yöntem "AHP Stok Sınıflandırma Yöntemi'nde ise bu sonuçlar sınıflarına ayrılmaktadır. İlk olarak alternatiflerin sonuç değerleri yüzdesel olarak büyükten küçüğe doğru bir sıralaması gerçekleştirilir. Daha sonra ürünler 3 eşit parçaya ayrılır. Son aşamada da parçalar gruplandırılmaktadır. Bu gruplandırma yapılırken en yüksek yüzdeye sahip grup AHP-1 grubunu, orta seviyede yüzdeye sahip grubu AHP-2 grubunu ve en az yüzdeye sahip grubu AHP-3 grubunu temsil etmektedir. Yöntemin hangi analiz ve yöntemlerden oluştuğu Şekil 2.'de gösterilmektedir.

Şekil 2. *ABC-XYZ matrisinin AHP ile entegrasyonu yöntemi*



ABC-XYZ matrisinin AHP ile entegrasyonu sonucunda yeni bir stok gruplama yöntemi oluşur. ABC-XYZ matrisinde var olan 9 grup adetine ek olarak AHP stok sınıflandırma yönteminin 3 adet grubu eklenerek, bütünde 27 adet grup oluşturulur. Bu gruplamanın oluşumu aşağıda Şekil 3.9.'da gösterilmektedir.

Çizelge 2. *ABC-XYZ matrisinin AHP ile entegrasyonu yöntemi sınıflandırılması*

	AX	AY	AZ	BX	BY	BZ	CX	CY	CZ
AHP 1.GRUP	AX-1	AY-1	AZ-1	BX-1	BY-1	BZ-1	CX-1	CY-1	CZ-1
AHP 2. GRUP	AX-2	AY-2	AZ-2	BX-2	BY-2	BZ-2	CX-2	CY-2	CZ-2
AHP 3.GRUP	AX-3	AY-3	AZ-3	BX-3	BY-3	BZ-3	CX-3	CY-3	CZ-3

Bu tabloda yapılan analizler için uygulamada şu sonuçlara ulaşılmıştır.

- Tabloda bulunan AX-1, AY-1, AX-2, AY-2, BX-1 ve BX-2 grubuna ait ürünlerde daha fazla çalışılması gerekmektedir. Mali değeri yüksek olan bu ürünlerin

katma değerleri fazladır, ayrıca bu ürünler matematiksel ve uzman kişilerin görüşlerine göre de önemli ürünlerdir. Firma en fazla önemi bu ürün grubundaki ürünlere verebilir.

- AX-3, AY-3 ve BX-3 kategorisinde bulunan ürünlerin mali değerleri fazladır ve talep değişkenlikleri düşüktür. Fakat AHP yöntemine göre daha az önemli alan farklı bir ürün grubu olmuştur. Firma bu ürün grubuna önem verebilir.

- AZ-1, AZ-2, BY-1, BY-2, BZ-1 ve BZ-2 kategorilerinde ürünler yüksek değişkenlik içeren ürünlerdir. Bu ürün gruplarının değişkenliklerini azaltacak önlemler uygulanabilir.

- AZ-3, BY-3 ve BZ-3 kategorilerinde ürünler hem yüksek değişkenlik içeren hem de AHP yöntemine göre daha az önemli ürünlerdir. Fakat mali değerleri yüksek olan ürünlerdir. Diğer gruplara göre biraz daha az önem verilebilir.

- CX-1, CY-1, CZ-1, CX-2, CY-2 ve CZ-2 kategorilerinde olan ürünlerin katma değeri düşüktür. Bundan dolayı bu grupta bulunan ürünlere daha basit planlamalar uygulanabilir.

- CX-3, CY-3 ve CZ-3 kategorilerinde olan ürünler katma değeri düşük, değişkenlikleri fazla ve AHP yöntemine göre de daha düşük öneme sahip ürünler olmuştur. En az önem bu gruba verilir.

Oluşturulan bu yöntemde ABC analizinin yüzdelik değer, XYZ analizinin dalgalanma katsayısı ve AHP çok kriterli karar verme yönteminden AHP sonuç değeri alınarak orijine olan uzaklıkları hesaplanmaktadır. Aşağıda orijine olan uzaklıkları hesaplarken orijine olan uzaklığın matematiksel yöntemiyle hesaplanmıştır. (1)

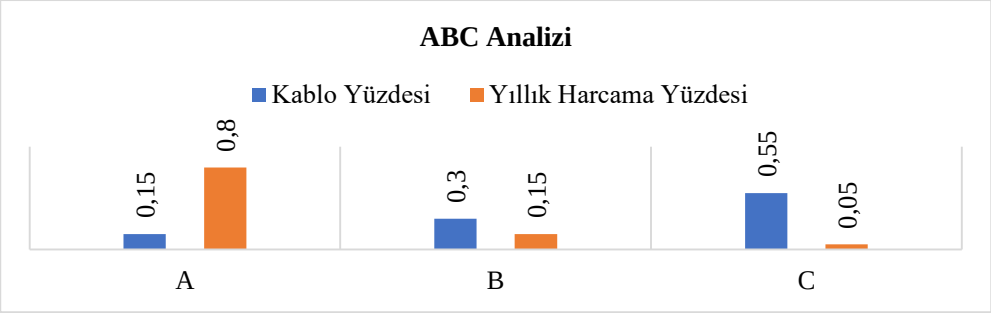
$$|\text{ABC}| = \sqrt{(x2 - x1)^2 + (y2 - y1)^2 + (z2 - z1)^2} \qquad (1)$$

3. UYGULAMA

3.1. ABC analizi ile sınıflandırma

Analiz sonuçlarına bakıldığında 129 parça içerisinden 20 tip kablo "A" grubunu oluşturmuştur. Bu kablo grubu toplam kabloların %15'ini ve toplam gelirin %68'ni oluşturmuştur. Stok planlama açısından çok önemli yer tutan bu ürünlerin mali getirileri çok yüksektir. B grubu parçaların sayısı 40'tır. Bu toplam stok miktarının %30'unu oluşturmaktadır ve toplam getirinin %24'ünü kapsamaktadır. C grubu parçaların sayısı ise 69'dur. Bu da toplam stok miktarının %55'ini kapsamaktadır. Toplam getirinin ise %8'ni oluşturmaktadır.

Şekil 3. Kablo-Yıllık harcama yüzdesi

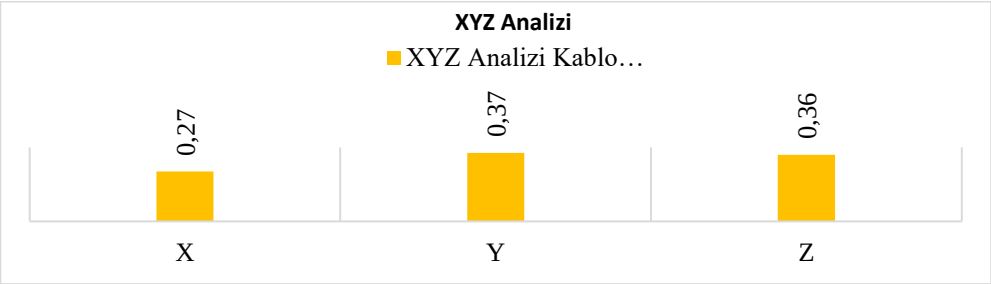


Şekil 3'de de görüldüğü gibi fabrika bünyesindeki kabloların getiri tutarı açısından incelendiğinde %15'ni oluşturan A grubu kabloların fabrika için önemli değer oluşturduğu gösterilmektedir. Firma mali getirileri yüksek olan bu ürünleri daha fazla göz önünde bulundurarak daha fazla gözden geçirmelidir.

3.2. XYZ analizi ile sınıflandırma

Analiz sonuçlarına bakıldığında 129 parça içerisinden 35 tip kablo "X" grubu seçilmiştir. Bu kablo grubu toplam grubunun %27'sini oluşturmaktadır. "Y" grubu kabloların sayısı 48'dir. Bu kablo grubu toplam kablo grubunun %37'sini oluşturmaktadır. "Z" grubu kabloların sayısı ise 46'dir. Bu kablo grubu toplam kablo grubunun %36'sını oluşturmaktadır. Sonuçlar değerlendirilirken X grubu kablo tipi üzerinde daha fazla durarak üretim planlamaları buna göre gerçekleştirilebilir. Şekil 5.2.'de kabloların yüzdeleri gösterilmektedir.

Şekil 4. XYZ analizine ait kabloların yüzdeleri

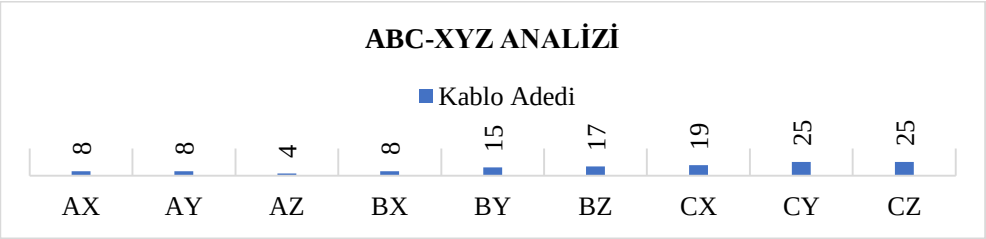


Şekil 4'de de görüldüğü gibi fabrika bünyesindeki kabloların talep tutarlılıkları incelendiğinde %27'sini oluşturan X grubu kabloların fabrika için önemli değer oluşturduğu görülmektedir. Bu grupta ki ürünlerin satış miktarları incelenerek ilerleyen dönemler için tahminlerde bulunabilir.

3.3. ABC-XYZ matrisi analizi ile sınıflandırma

Analiz sonuçlarına incelendiğinde AX, AY ve BX kategorilerine ait kablo tipleri üzerinde daha fazla çalışılması gerektiği kararını vermiştir. "AX" grubu ürünlerin sayısı 8 adettir ve toplam kablo sayısının %5'ne denk gelmektedir. Sipariş verme yöntemi olarak Just in Time uygulanabilir. "AY" ürün grupları incelendiğinde 8 adettir ve %5'e eşittir. "BX" ürün grubu incelendiğinde ise 4 adettir ve %2,5'a eşittir.

Şekil 5. ABC-XYZ analizine ait kabloların yüzdeleri



AX, AY ve BX ürün gruplarına ait kablo tipleri incelendiğinde 20 adettir ve toplam miktarın %16'sını temsil etmektedir. Bu ürün grupları firma içinde mali getirileri yüksek ve değişkenlik katsayıları düşük olduğundan firma için en fazla öneme sahip ürün gruplarıdır. Bu ürünler üzerinde daha fazla durulmalı ve planlama yapılırken daha fazla dikkat edilerek verilerden faydalanılmalıdır.

3.4. AHP yönteminin uygulanması

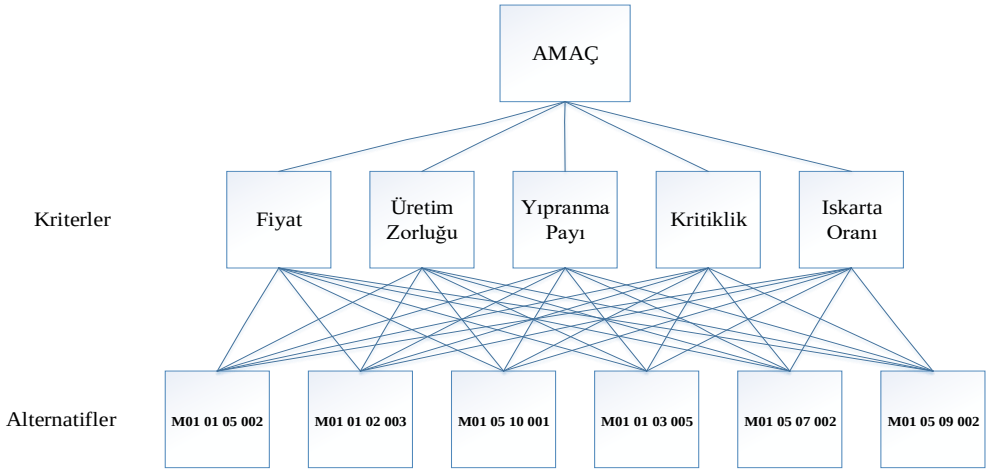
3.4.1. Problemin ve kriterlerin tanımlanması

Karar verilirken öncelikle belirlenen problemin tanımı yapılmıştır. Seçili ürünlerin doğru olabilmesi için tüm kriterler tespit edilmiştir ve incelenmiştir. Hedeflerin gerçekleştirilmesi için belirlenen kriterler şunlardır: fiyat, üretim zorluğu, ıskarta oranı, yıpranma payı ve kritikliktir.

3.4.2. Hiyerarşik yapının oluşturulması

Karar vericilerden alınan yorumlar ve yapılan incelemelere göre seçim yapılmasını etkileyen kriterler ve alt kriterler şekil 6.'da oluşturulmuştur.

Şekil 6. Faktör ilişkisi



3.4.3. Kriterlerin ikili karşılaştırması yapılması

Daha yüksek seviyede katkı sağlanabilmesi için ikili karşılaştırma matrisi kullanılmıştır. Belirlenen uzman kişiler ilk adım olarak belirledikleri kriterlerin ikili karşılaştırmasını yapmışlardır. Kriterlerin birbirleriyle karşılaştırılması sonucu oluşturulan ikili karşılaştırma Şekil 7' de görülmektedir. Burada kriterler Saaty'nin dokuzlu ölçeğine göre karşılaştırılmıştır (Saaty, 1982).

Şekil 7. Kriterlerin birbiriyle ikili karşılaştırılması

Compare the relative importance with respect to: Goal: Urunun Secimi

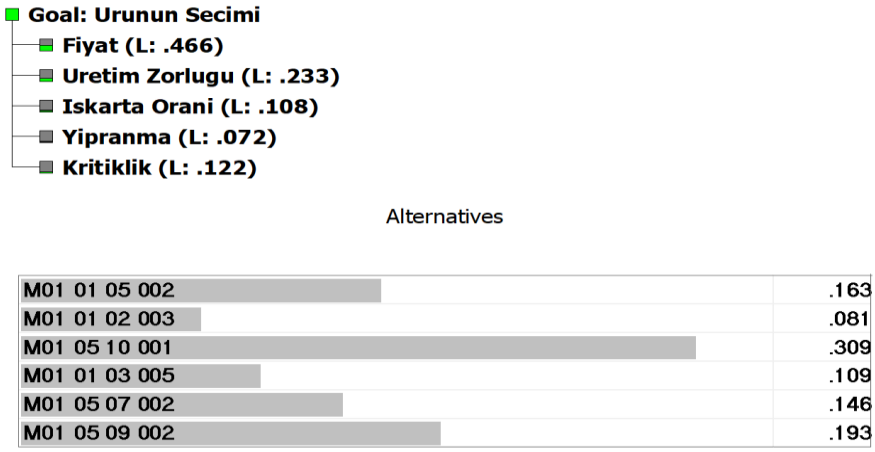
Circle one number per row below using the scale:
1 = Equal 3 = Moderate 5 = Strong 7 = Very strong 9 = Extreme

1	Fiyat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Uretim Zorlugu
2	Fiyat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Iskarta Orani
3	Fiyat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yipranma
4	Fiyat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kritiklik
5	Uretim Zorlugu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Iskarta Orani
6	Uretim Zorlugu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yipranma
7	Uretim Zorlugu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kritiklik
8	Iskarta Orani	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yipranma
9	Iskarta Orani	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kritiklik
10	Yipranma	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kritiklik

Çıkan sonuçlara göre fiyat kriteri en güçlü kriter olarak değerlendirilmiştir. Bunu üretim zorluğu, kritiklik, ıskarta oranı takip etmiştir. En az öneme sahip kriter ise yıpranma seçilmiştir.

3.4.4 Alternatiflerin sıralanması

Şekil 8. Ürünlerin AHP kriterine göre sıralanması



Elde edilen sonuçlara göre M01 05 10 001 kablo tipi diğer kablolara göre en etkili sonucu vermiştir. 2.ci sırada M01 05 09 002 kablo tipi, 3. sırada M01 01 05 002 kablo tipi, 4.sırada M01 05 07 002 kablo tipi, 5.sırada M01 01 03 005 kablo tipi ve 6.sırada M01 01 02 003 kablo tipi seçilmiştir.

3.5. ABC-XYZ analizi ve analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemleri birleştirilerek stokları sınıflandırma

Yöntemde ilk olarak seçili 6 adet ürün için AHP stok sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır. Bunun için AHP sonuçları ele alınmıştır ve büyükten küçüğe sıralanmıştır. Stoklanan ürünler eş parçalara ayrılarak AHP gruplarına ayrılmıştır.

Çizelge 3. Seçili kabloların AHP sıralanması ve değerleri

Ürün Kodu:	AHP- Yüzdelik Değer	AHP Stok Sınıflandırma Yöntemi
M01 05 10 001	0,309	AHP-1
M01 05 09 002	0,193	AHP-1
M01 01 05 002	0,163	AHP-2
M01 05 07 002	0,146	AHP-2
M01 01 03 005	0,109	AHP-3
M01 01 02 003	0,081	AHP-3

AHP stok sınıflandırılmasından sonra ürünler ABC analizi, XYZ analizi ve AHP değerleri kullanarak yeni bir sınıflandırma yöntemiyle tekrar sınıflandırılmıştır.

Çizelge 4. Seçili kabloların ABC-XYZ matrisi analizinin AHP ile entegrasyonu yöntemiyle sınıflandırılması

Ürün Kodu	ABC	Grubu	XYZ	Grubu	AHP	Grubu	Yöntem
M01 05 10 001	0.0121	A	0,0863	X	0,309	AHP-1	AX-1
M01 05 09 002	0.0603	A	0,7814	Y	0,193	AHP-1	AY-1
M01 01 05 002	0.0078	A	0,4512	X	0,163	AHP-2	AX-2
M01 05 07 002	0.0033	A	0,1789	X	0,146	AHP-2	AX-2
M01 01 03 005	0.0542	A	0,0670	X	0,109	AHP-3	AX-3
M01 01 02 003	0.0321	A	0,7982	Y	0,081	AHP-3	AY-3

ABC-XYZ matrisinin AHP ile entegrasyonu yönteminin bir sonraki aşamasında ürünler için normalizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu gösterim de XYZ analizinin dalgalanma katsayısının, büyüklüğünün ürünün değerlendirilmesinde negatif etki oluşturmasından dolayı normalizasyon işlemi uygulanmıştır. Bu işlem negatif değer dizininin nisbi olarak pozitif değer dizinine dönüştürülmesi anlamına ge-

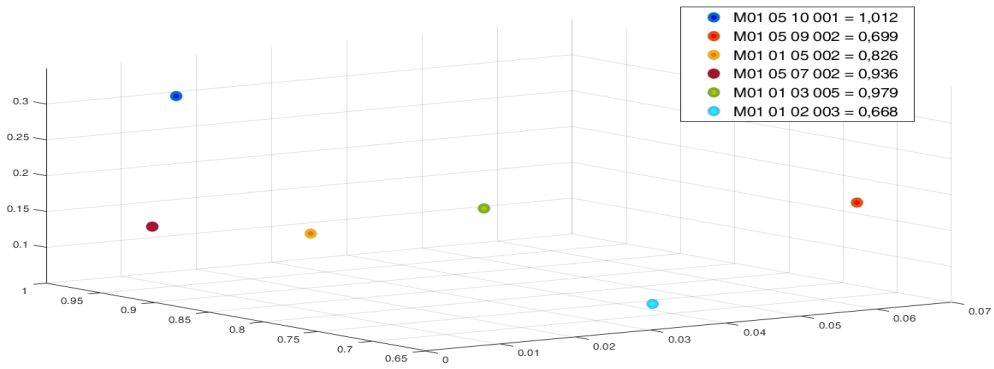
lir. Normalizasyon işleminin ilk aşamasında tüm XYZ dalgalanma katsayılarının birbirleriyle toplamı gerçekleştirilmiştir. Daha sonra dalgalanma katsayıları değerleri elde edilen toplama bölünmüştür. Elde edilen bu değer 1'den çıkarılarak normalizasyon işlemi tamamlanmıştır.

Çizelge 5. ABC-XYZ matrisinin AHP ile entegrasyonu yönteminin normalizasyonu

Ürün Kodu	ABC	XYZ	AHP
M01 05 10 001	0.0121	0,964	0,309
M01 05 09 002	0.0603	0,670	0,193
M01 01 05 002	0.0078	0,810	0,163
M01 05 07 002	0.0033	0,925	0,146
M01 01 03 005	0.0542	0,972	0,109
M01 01 02 003	0.0321	0,663	0,081

ABC-XYZ matrisinin AHP ile entegrasyonu yönteminin gerçekleşen son aşamasında elde edilen değerler orijine olan uzaklığı hesaplamakta kullanılacaktır. Orijine olan uzaklık hesaplanırken bilinen matematiksel hesaplama yöntemiyle uzunluk hesaplanmıştır. Uzunluk hesaplanırken ABC analizi olarak x ekseninde, XYZ analizi olarak Y ekseninde ve AHP değerleri olarak da z eksenin de gösterilmektedir.

Şekil 9. Ürünlerin ABC-XYZ matrisi analizinin AHP ile entegrasyonu yöntemine göre gösterilmesinin sonuçları



Yukarıda ki şekil üzerinde her bir ürün farklı rengi temsil etmektedir. Şeklin sağ üstünde bulunan renkler kısmında her bir ürünün orijine olan uzaklıklar değerleri gösterilmektedir.

Elde edilen sonuçlara göre M01 05 10 001 ürünü en iyi ürün seçilmiştir. Bu ürünün orijine olan uzaklığı 1,012 olarak hesaplanmıştır. Bu ürünü 0,979 değeriyle M01 01 03 005 ürünü takip etmiştir. Elde edilen diğer sonuçlara göre 0,936 değeriyle M01 05 07 002 ürünü üçüncü, 0,826 değeriyle M01 01 05 002 ürünü dördüncü, 0,699 değeriyle M01 05 09 002 ürünü beşinci ve 0,668 değeriyle M01 01 02 003 ürünü altıncı ürün seçilmiştir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada da Edirne ilinde faaliyet gösteren Türkiye'nin en büyük kablo üreticilerinin birinde stok yönetimini sağlamak için kararlar verilmiş ve maliyetin minimum seviyede tutulması amaçlanmıştır. Uygulamada kablo fabrikasının mali ve idari bilgileri kullanılarak 129 adet kablo tipi verisi üzerinden 6 farklı ürün seçilerek uygulama gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada var olan stok sınıflandırma yöntemleri, AHP çok kriterli karar verme yöntemi ile birleştirerek yeni bir stok sınıflandırma yönteminin oluşturulmuştur. Geliştirilen yöntemle ABC-XYZ matrisinin AHP ile entegrasyonu sınıflandırma yöntemi ve ABC-XYZ matrisi analizinin AHP ile entegrasyonu sıralama yöntemi elde edilmiştir. Bu şekilde stoklar farklı yöntemlerle daha ayrıntılı sınıflandırılmış ve daha kapsamlı bir sıralama gerçekleştirilmiştir. Amaç olarak depo içerisinde bulunan ürünleri sınıflarına ayırarak verimliliğin arttırması ve stok planlaması için ayrılan maliyetleri düşürmek hedeflenmiştir. Ayrıca önerilen stok planlamasıyla daha az stok maliyetleri oluşturulabileceği ve daha fazla müşteri memnuniyetinin sağlanabileceği hedeflenmiştir.

KAYNAKLAR

AYDEMİR, E. (2015). "Envanter Yönetimi ve Uzantıları: Ekonomik Üretim miktarı Modelleri Üzerine Bir Bilimsel Yazın Araştırması", Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 15(3), 97-112.

ÇOKOY, B. (2013). Üretim ve Stok Politikalarının Belirlenmesi: Plastik Sektöründe Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

ELDEN, S. (2011). Hastanelerde En Uygun Stok Kontrol Yönteminin Analitik Hiyerarşi Süreci İle Seçimi: Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi Araştırma Hastanesinde Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, Sivas.

GUSTRIANSYAH, R., SENSUSE, D.I., RAMADHAN, A. (2015). Decision Support System for Inventory Management in Pharmacy Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process and Sequential Pattern Analysis Approach, 3rd International Conference (2015), Endonezya, 1-6.

KASAP, N., BİÇER, İ., ÖZKAYA, B.Y. (2010). "Stokastik Envanter Model Kullanılarak İş Makinelerinin Onarımında Kullanılan Kritik Yedek Parçalar İçin Envanter Yönetim Sistemi Oluşturulması", İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, 39(2), 310-334.

K. BALAJI, V.S. SENTHIL KUMAR (2014). Multicriteria Inventory ABC Classification in an Automobile Rubber Components Manufacturing Industry. Variety Management in Manufacturing. Proceedings of the 47th CIRP Conference on Manufacturing Systems 2014, Kanada, 463- 468.

TİMOR, M. (2011). Analitik Hiyerarşi Prosesi. Türkmen Kitabevi, İstanbul.

SCHOLZ-REITER, B., HEGER, J., MEINECKE, C., & BERGMANN, J. (2012). Integration of Demand Forecasts in ABC-XYZ Analysis: Practical Investigation at an Industrial Company. International Journal of Productivity and Performance Management, 61(4), 445-451.

SAATY, T.L. (1982), Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Comple World, Pittsburgh.

ŞAHİN, A. (2007). Yalın Üretimde Analitik Hiyerarşi Model'inin Uygulanabilirliği, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

DÖNER TERS SARKAÇ ÜZERİNDE BİRLEŞTİRİLMİŞ KAYAR KİP KONTROL VE DOĞRUSAL KARESEL DÜZENLEYİCİNİN BENZETİM KARŞILAŞTIRMASI

Vasıf Emre KÖTAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Abidin Sefa ASLAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Nurdan BİLGİN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Cengiz TEPE
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

ÖZET: Bu bildiride, döner ters sarkaç sistemine doğrusal karesel düzenleyici (LQR) ve kayar kipli kontrol (SMC) yöntemleri uygulanarak, bu iki yöntem arasındaki performans ve gürbüzlük karşılaştırmaları yapılmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde, üç boyutlu (3B) yazıcıdan çıktısı alınabilecek özgün bir tasarım olan döner sarkaç çizimleri ve 3B yazıcı çıktı fotoğrafları verilmiştir. İkinci bölümde döner ters sarkacın Euler-Lagrange denklemleri yardımıyla dinamik modelinin çıkartılması ve bu doğrusal olmayan modelin doğrusallaştırılması gösterilmiştir. SMC yönteminde tasarım doğrusal olmayan modele göre yapılırken, diğer yöntemde (LQR) tasarım doğrusal modele göre yapılır. Döner ters sarkacın dengelenme stratejisinin hangi aşamalardan oluştuğundan bahsedilmiştir. Sarkacın yukarı-salınım hareketini yapabilmesi adına enerji tabanlı yukarı-salınım metodu yapısı açıklanmıştır. Devam eden bölümlerde, sarkacın kararsız denge noktasında dengeleyecek olan optimal kontrol yöntemlerinden olan doğrusal karesel düzenleyici (LQR) ve gürbüz kontrol yöntemlerinden kayar kipli kontrol (SMC) yöntemi teorik olarak anlatılmıştır. Bu kontrol yöntemleriyle Matlab ® programı kullanılarak bilgisayar ortamında benzetim çalışması yapılmıştır. Elde edilen benzetim sonuçları değerlendirilerek kontrol yöntemlerinin birbirlerine karşı üstünlükleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Döner ters sarkaç, Kayar kip kontrol

Simulation Comparison Of Coupled Sliding Mode Control And Linear Quadratic Regulator On Rotary Inverted Pendulum

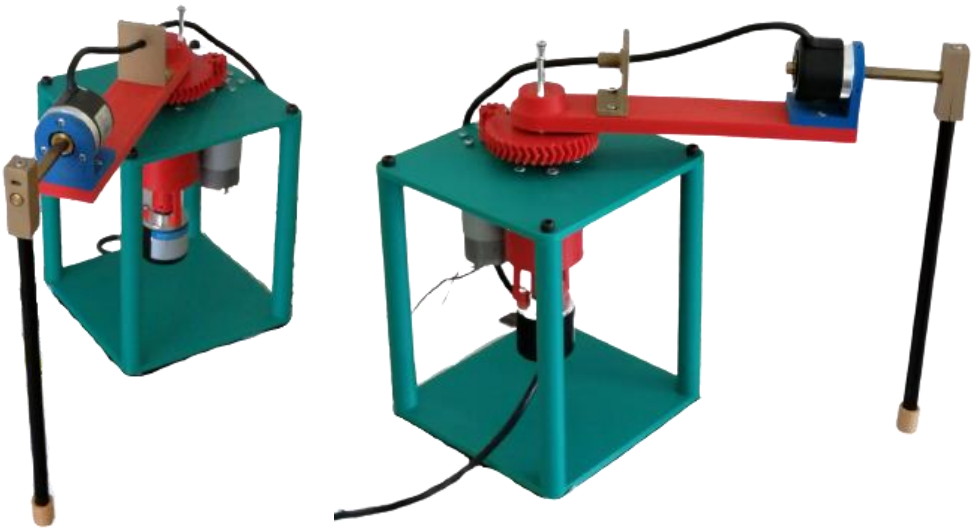
ABSTRACT: In this paper, by applying linear quadratic regulator (LQR) and sliding mode control (SMC) to the rotary inverted pendulum system, performance and robustness comparisons between the two methods will be made. In the first part of the study, rotary inverted pendulum drawings and 3D printout photos are given, which is an original design that can be printed out on a three-dimensional (3D) printer. In the second chapter, deriving the dynamical model of the rotary inverted pendulum with the help of Euler-Lagrange equations and linearization of this nonlinear model are shown. In the SMC method, the design is made according to the nonlinear model, while in the other method (LQR), the design is made according to the linear model. The stages of the balancing strategy of the rotary inverted pendulum are mentioned. In order to make the pendulum swing-up motion, the structure of the energy based swing-up method is explained. In the following chapters, the linear quadratic regulator (LQR), one of the optimal control methods that will stabilize the pendulum at the unstable equilibrium point, and the sliding mode control (SMC) method, one of the robust control methods, are theoretically explained. These control methods are simulated in computer environment with the help of Matlab ® program. By evaluated the obtained simulation results, the advantages of control methods over each other are given comparatively.

Keywords: Rotary inverted pendulum, Sliding mode control

1. GİRİŞ

Furuta sarkacı olarak da bilinen döner ters sarkaç adlı mekanik sistem, ilk olarak Tokyo Teknoloji Enstitüsü'nde Katsuhisa Furuta tarafından geliştirilmiştir (Furuta vd., 1992). Kontrol teorisinde ters sarkaç sistemleri temelde birçok kontrol kuralının test edildiği ve sınandığı önemli bir ölçüt olarak görülmektedir. Geleneksel arabalı sarkaçlardan farklı olarak döner ters sarkaç, döner bir kola tutturulmuş çubuktan oluşur. Bu tasarımın gelişmiş yönü ise kol için herhangi bir yol sınırı olmamasıdır.

Şekil 1. Üç Boyutlu Yazıcı İle Çalışma Kapsamında Üretilen Döner Ters Sarkaç (3dRIP)



Döner Tersinir Sarkaç'ın ilk çalışmaları, kalkış sırasında roketleri dengelemek için kontrolör tasarlama gereği ile ortaya çıkmıştır. Roket fırlatma anındaki gibi, ters çevrilmiş sarkacın da açık döngü biçimi oldukça kararsız olduğu için dik kalmak için sürekli bir düzeltme mekanizması gerektirir. Döner ters sarkacın kontrol edilmesi iki aşamadan oluşur. İlk aşama, asılı duran sarkacın yukarı doğru hareketi, ikinci aşama ise yukarı konumda dengelenmesidir. Döner Ters Sarkaç robotik ve kontrol teorisindeki yeni kontrol stratejilerinin eğitimi ve deneysel onayları için kullanılabilecek uygun bir kıyaslama sistemidir. Diğer yandan birçok mühendislik sistemi sarkaç veya ters sarkaç olarak modellenebilmektedir (Ghorbani vd., 2013).

Tablo 1. Döner Ters Sarkacın(3dRIP) Fiziksel Özellikleri

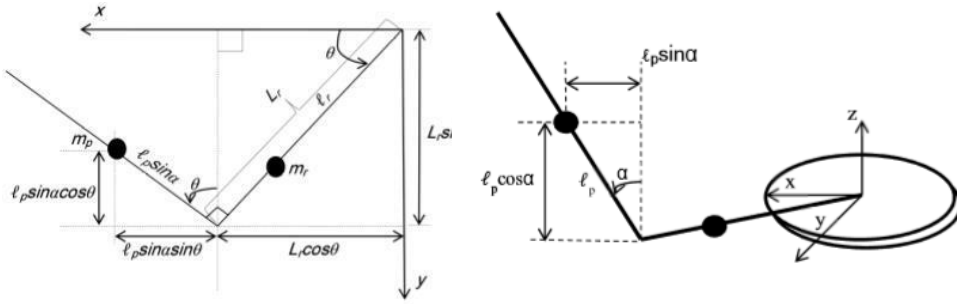
Sembol	Açıklama	Değer	Sembol	Açıklama	Değer
g	Yerçekimi kuvveti	9.81	m_p	Sarkaç kütlesi	0.03
R_m	Armatür direnci	1.714	m_r	Kol kütlesi	0.35

K_t	Motor tork sabiti	0.11434	L_p	Sarkaç toplam uzunluğu	0.258
K_g	Dişli oranı	4.1	l_p	Sarkaç kütle merkezi uzunluğu	0.11
K_m	Motor zıt EMK sabiti	0.11434	L_r	Kol toplam uzunluğu	0.25
η_m	Motor verimi	0.69	l_r	Kol kütle merkezi uzunluğu	0.15
η_g	Dişli takımı verimi	0.9	B_r	Koldaki viskoz sürtünme	0.0018
J_p	Sarkaç atalet momenti	1.6641e-4	B_p	Sarkaçtaki viskoz sürtünme	0.0026
J_r	Kol atalet momenti	0.0018	τ_{max}	Motor azami torku	0.4002

2. DÖNER TERS SARKAÇ MODELİ

Şekil 2'nin solundaki çizim, döner ters sarkaç kolunun, dönüş yönünü üstten göstermektedir. Kol açısının yerdeğiştirmesi θ olarak isimlendirilirken, sarkacın yerdeğiştirmesi α olarak adlandırılmıştır. Bu parametre belirleniminin ardından matematiksel model Euler-Lagrange formülasyonu kullanılarak elde edilmektedir.

Şekil 2. Döner Ters Sarkacın Üstten (Soldaki Çizim) Ve Önden (Sağdaki Çizim) Görünüşü (Al-Jodah vd., 2013)



Euler-Lagrange denklemlerinin yapısı:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i}\right) - \frac{\partial L}{\partial q_i} = Q_i \tag{1}$$

Burada $q_i(t)$ genelleştirilmiş koordinatları ve $\dot{q}_i(t)$ genelleştirilmiş koordinatların zamana göre değişimini ifade etmektedir.

Döner ters sarkaç iki serbestlik derecesine sahiptir. Sarkaç ve kol açıları (α, θ) bu sistemde genelleştirilmiş koordinatlardır. Genelleştirilmiş kuvvetler şöyle tanımlanır:

$$Q_1 = \tau_\theta = \tau - B_r\dot{\theta} \tag{2}$$

$$Q_2 = \tau_a = -B_p\dot{a} \tag{3}$$

B_r ve B_p viskoz sürtünme katsayısıdır. τ servo motor ile üretilen kol üzerine uygulanan torku açıklar. Motor torku şu şekilde formülleştirilmiştir (Quanser., 2015):

$$\tau = \frac{\eta_m \eta_g K_t K_g (V_m - K_g K_m \dot{\theta})}{R_m} \tag{4}$$

Bu formülasyondaki Langrangian (L) terimi; sistemin kinetik enerjisinin (K) potansiyel enerjisinden (U) farkıdır. Lagrange formülasyonu:

$$L = K - U \tag{5}$$

Sistemdeki kinetik enerji değerlerini bulabilmek için sırasıyla sarkacın ve kolun, x, y, z eksenlerindeki kütle merkezi konumları tespit edilir. Bu konumların herbirinin zamana göre türevi alınarak her eksene göre hızları tespit edilir. Sarkaç ve kolun ayrı ayrı, bu üç eksendeki hızlarının geometrik ortalaması alınarak bileşke hız tespit edilir (Al-Jodah vd., 2013).

Sistemin toplam kinetik enerjisi:

$$K_T = \frac{1}{2} m_p \ell_p^2 \dot{\alpha}^2 \sin^2 \alpha + L_r^2 \dot{\theta}^2 + \ell_p^2 \dot{\alpha}^2 - 2L_r \ell_p \dot{\alpha}\dot{\theta} \cos\alpha + \frac{1}{2} J_p \dot{\alpha}^2 + \frac{1}{2} J_p \sin^2 a\, \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2} m_r \ell_r^2 \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2} J_r \dot{\theta}^2 \tag{6}$$

Sistemin potansiyel enerjisi sadece sarkaç kütlesinin etkileyen yerçekimi nedeniyle üretilir:

$$U = -m_p g \ell_p \,(1 - \cos\alpha) \tag{7}$$

Lagrange formülasyonu:

$$L = \frac{1}{2}\dot{\theta}^2 \left(m_p L_r^2 + \sin^2 a \left(J_p + m_p \ell_p^2\right) + J_r + m_r \ell_r^2\right) + \frac{1}{2}\dot{\alpha}^2 \left(m_p L_r^2 + J_p\right) - m_p L_r \ell_p \dot{\alpha}\dot{\theta} \cos\alpha + m_p g \ell_p \,(1 - \cos\alpha) \tag{8}$$

Hesaplama kolaylığı açısından katsayı ifadeleri aşağıdaki gibi kısaltılabilir.

$a = m_p L_r^2 + J_r + m_r \ell_r^2$, $b = m_p L_r \ell_p$, $c = J_p + m_p \ell_p^2$, $d = m_p g \ell_p$,

$$e = ac - b^2, \quad f = \frac{\eta_m \eta_g K_t K_g (K_g K_m)}{R_m}, \quad h = \frac{\eta_m \eta_g K_t K_g}{R_m}, \quad G = m_p l_p^2$$

Birinci genelleştirilmiş koordinatlar için Euler-Lagrange denklemi çözülerek doğrusal olmayan ilk denklem:

$$\ddot{\theta}(a + csin^2\alpha) - \ddot{\alpha}(bcos\alpha) + \dot{\theta}(B_r + c\dot{\alpha}cos\alpha sin\alpha + f) + \dot{\alpha}(c\dot{\alpha}cos\alpha sin\alpha + b\dot{\alpha}sin\alpha) = hV_m \quad (9)$$

İkinci genelleştirilmiş koordinatlar için Euler-Lagrange denklemi çözülerek doğrusal olmayan ikinci denklem:

$$\ddot{\theta}(-b\cos a) + \ddot{\alpha}(c) - \dot{\theta}^2(c\sin a\cos a) - d\sin a + B_p\dot{a} = 0 \quad (10)$$

Doğrusal olmayan denklemler matris formda tekrar yazılabilir:

$$\begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \ddot{\theta} \\ \ddot{\alpha} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u \\ 0 \end{bmatrix} \quad (11)$$

Yukarıdaki şekilde yazılırsa:

$$\begin{bmatrix} a + csin^2(\alpha) & -bcos(\alpha) \\ -bcos(\alpha) & c \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \ddot{\theta} \\ \ddot{\alpha} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dot{\theta}(B_r + c\dot{\alpha}cos\alpha sin\alpha + f) + \dot{\alpha}(c\dot{\alpha}cos\alpha sin\alpha + b\dot{\alpha}sin\alpha) \\ \dot{\theta}^2(c\sin a\cos a) - d\sin a + B_p\dot{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u \\ 0 \end{bmatrix} \quad (12)$$

3. KONTROL İZLEMİ VE KONTROLÖR TASARIMI

3.1 Yukarı-Salınım Kontrolörü Tasarımı

Sarkacın aşağı (hareketsiz) pozisyondan yukarı doğru sallanması, sistemdeki enerji miktarının kontrol edilmesiyle gerçekleştirilebilir (Åström ve Furuta, 1996).

Sarkaç dik konuma yakın olduğunda, daha önce tasarlanan dengeleyici kontrolör sarkacı yakalamak ve onu kararsız denge noktası etrafında dengelemek için tetiklenebilir. Yani sisteme; yukarı-salınım kontrolcüsü ve dengeleyici kontrolcüden oluşan hibrit bir kontrolcü uygulanır.

Sarkacın asılı durumdan dik denge durumuna sallanması için, enerjisinin 0'dan $E_r = 2m_p g l_p$ 'ye yükseltilmesi gerekir.

Çubuk aşağı durumdayken, yani hareketsizken sarkaç açısı $\alpha = 0$ dır. Sistemdeki toplam enerji E sarkacın potansiyel ve kinetik enerjileri toplamına eşittir.

$$E = \frac{1}{2}J_p\dot{\alpha}^2 + m_p g l_p(1 - cos\alpha) \quad (13)$$

Kontrol kuralı şu şekilde bulunur (Åström ve Furuta, 1996):

$$u = sat_{u_{max}}\big(\mu(E - E_r)sign(\dot{\alpha}cos\alpha)\big) \quad (14)$$

burada μ ayarlanabilir bir kontrol kazancıdır ve bu çalışmada $\mu = 1100$ alınmıştır. Yukarıda verilen $sat_{u_{max}}$ fonksiyonu, sarkacın maksimum hızlanmasında kontrol sinyalini sınırlar. $\dot{\alpha}cos\alpha$ işareti hızlı şekilde sinyal işaretinin değişmesini sağlar. u_{max} değeri (Quanser., 2015) aşağıdaki eşitlikten bulunur:

$$u_{max} = \frac{\tau_{max}}{M_r L_r} \tag{15}$$

3.2 Dengeleyici Kontrolör Tasarımı

3.2.1 LQR Kontrolcü Tasarımı

Doğrusal Karesel Düzenleyici (LQR) kontrol yapısı, bir maliyet fonksiyonunu minimum yapacak şekilde tasarlanan geri beslemeli bir optimal kontrol yöntemidir (Kirk, 2004).

Doğrusal karesel düzenleyici (LQR), noktalar sisteminin karesel fonksiyonu için performans indeksi fonksiyonunu elde etmekte kullanılan optimizasyona dayalı sentez problemlerinin en önemli ve en kapsamlı olanıdır (Yadav vd., 2012).

Sistem denklemi ile LQR doğrusal ikinci dereceden optimal kontrolün temel ilkeleri:

$$\dot{x} = Ax(t) + Bu(t) \tag{16}$$

$$Y(t) = Cx(t) \tag{17}$$

Bu kontrol yöntemi doğrusal sistemler için uygulanmaya elverişli olduğundan dolayı, doğrusal olmayan matematiksel denklemler kararsız denge noktası etrafında doğrusallaştırılır. Yaptığımız işlem sonucunda elde edilen A ve B matrisleri aşağıda verilmiştir.

$$\begin{bmatrix} \dot{\theta} \\ \dot{\alpha} \\ \ddot{\theta} \\ \ddot{\alpha} \end{bmatrix} = \overbrace{\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & \frac{bd}{e} & -\frac{c(B_r+f)}{e} & -\frac{bB_p}{e} \\ 0 & \frac{ad}{e} & -\frac{b(B_r+f)}{e} & -\frac{aB_p}{e} \end{bmatrix}}^{A} \begin{bmatrix} \theta \\ \alpha \\ \dot{\theta} \\ \dot{\alpha} \end{bmatrix} + \overbrace{\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{ch}{e} \\ \frac{bh}{e} \end{bmatrix}}^{B} V_m \tag{18}$$

LQR kontrolcüde hedef, sistemin parametrelerinden, maliyet fonksiyonunu küçültecek K matrisini hesaplamaktır (Ogata, 2010).

Karesel performans indeksi fonksiyonu (Maliyet fonksiyonu):

$$J = \frac{1}{2}\int_0^{\infty}[x^T Q x + u^T R u]dt \tag{19}$$

Burada Q matrisi genellikle sistem performansından sorumludur ve R matrisi kontrol çabasından sorumludur. Uygun bir Q ve R bulduktan sonra, bilgisayarların

optimum kazanç matrisi K 'yi kolayca bulmasını sağlar. Yaptığımız denemeler sonucu en uygun Q ve R matrisleri, $Q = diag([20\ 1\ 1\ 0])$ ve $R = [1]$ olarak bulduk.

Burada, u kontrol değerine optimum kontrol denir, kontrol sinyali şöyle olmalıdır:

$$u(t) = -Kx(t) \tag{20}$$

K doğrusal optimal geri besleme matrisidir.

$$K = -R^{-1}B^{T}P \tag{21}$$

Üstteki denklemde verilen P bir sabittir ve Cebirsel Riccati Denkleminin çözümünü karşılayan simetrik bir matristir:

$$PA + A^{T}PBR^{-1}B^{T}P + Q = 0 \tag{22}$$

3.2.2 SMC Kontrolcü Tasarımı

Değişken yapı kontrolü olarak da bilinen kayar kip kontrol (SMC), ilk olarak 1950'lerin başında, Emelyanov ve arkadaşları tarafından Sovyetler Birliği'nde ortaya çıkarılmıştır (Emelyanov, 1967). Bu yöntemin en önemli avantajlarından biri, sistem belirsizlikleri ve gürültülere karşı dayanıklı, çoğu durumda değişmez kontrolcü özelliğidir (Utkin, 2008). İşlem, faz uzayında tanımlanan bir kayar hiper yüzeye hata vektörünün sürülmesi ve daha sonra anahtarlama tekniği ile bu yüzeyde kalması aşamalarından oluşur.

Kayan kipli kontrol tasarımı iki bölümden oluşur; birinci olarak kayma yüzeyinin bulunması daha sonrada bu yüzeye gidecek kontrol kuralının bulunmasıdır (Khanesar vd., 2007).

3.2.2.1. Kayma Yüzeyi Tespiti:

Sistem dinamiklerinin durum uzayı ifadeleri şu gösterimle bulunabilir:

$$\dot{x}_1 = \dot{\theta} = x_3$$
$$\dot{x}_2 = \dot{\alpha} = x_4$$
$$\dot{x}_3 = \ddot{\theta} = f_\theta + g_\theta u$$
$$\dot{x}_4 = \ddot{\alpha} = f_\alpha + g_\alpha u \tag{23}$$

Burada (11) ve (12) ‘den:

$$f_\theta = \frac{(n_2 m_{22}^{-1} m_{12} - n_1)}{(m_{11} - m_{21} m_{22}^{-1} m_{12})}$$
$$f_\alpha = \frac{(n_2 m_{21}^{-1} m_{11} - n_1)}{(m_{12} - m_{22} m_{21}^{-1} m_{11})}$$
$$g_\theta = \frac{h}{m_{11} - m_{21} m_{22}^{-1} m_{12}}$$

$$g_\alpha = \frac{h}{m_{12} - m_{22} m_{21}^{-1} m_{11}} \tag{24}$$

Sistemin genelleştirilmiş koordinat vektörü $q = [\theta, \alpha]^T$ 'dür. Her bir genelleştirilmiş koordinata göre alt kayma yüzeyleri tasarlanırsa:

$$s_\alpha = \dot{\alpha} + c_\alpha \alpha \tag{25}$$

$$s_\theta = \dot{\theta} + c_\theta \theta \tag{26}$$

Burada c_α ve c_θ pozitif sabitlerdir. Üstte yazılan iki alt kayma yüzeyini birleştirmek için sabit birleştirme parametresi λ yerine, sıfır dinamiğinin kararlılığını yatay eksen hariç tüm düzleme yayabilmek için, bir duruma bağlı birleştirme parametresi $\bar{\lambda}$ kullanılabilir (Park ve Chwa, 2009).

Kayma yüzeyi şu şekilde oluşturulur:

$$s = s_\alpha + \bar{\lambda}(\alpha) s_\theta \tag{27}$$

Sarkaç açısı(α)'ya bağlı olarak değişecek olan $\bar{\lambda}(\alpha)$ birleştirme parametresi (Rajan vd., 2016):

$$\bar{\lambda}(\alpha) = \lambda cos(\alpha) \tag{28}$$

Burada λ sabit bir değerdir.

3.2.2.2. Kontrol Kuralı Tespiti:

Kayan Kipli Kontrolün amacı, sistemi kayma yüzeyine yönlendirmek ve yüzey üzerinde tutarak denge noktasına yönelmesini sağlamaktır. Sistem iki aşamadan oluşur. Sistemi kontrol yüzeyi üzerine sürecek kontrol girişi (u_{eq}) ve sistemi kontrol yüzeyi üzerinde tutacak kontrol girişi (u_{sw})'dir.

Kontrol kuralı; sistemin eşdeğer kontrolü ile anahtarlama kontrolünün toplamından oluşur:

$$u = u_{eq} + u_{sw} \tag{29}$$

Elde edilen yeni kontrol yönteminin kararlılığı, bu alanda tercih edilen Lyapunov Kararlılık Teoremi ile garanti altına alınmıştır. Kayma yüzeyine yakınsamayı garanti etmek için bir Lyapunov fonksiyonu $V(s)$, kayan yüzeyin (s) pozitif bir fonksiyonu olarak tanımlanır. $V = s^2$ 'yi azaltmak için, V'nin türevini negatif yapacak şekilde bir kayan mod kontrolü tasarlanmalıdır.

Sonlu ulaşma süresini sağlamak için, kayan yüzeyin zaman türevi şu şekilde alınır:

$$\dot{s} = -K.sgn(s) \tag{30}$$

Sistemi kontrol yüzeyine sürecek olan kontrol girişi, eşdeğer kontrol (u_{eq}) ; kayma yüzeyinin türevi 0' a eşitlenerek bulunur. Kayma yüzeyinin türevini aşağıdaki gibi kabul ederek eşdeğer kontrol (u_{eq}) ile birlikte anahtarlama kontrolünü de (u_{sw}) bulunmuş olur.

(27) 'ün zamana göre türevi alınır ve (23) 'daki gösterimden faydalanılırsa, eşdeğer kontrol (u_{eq}):

$$\dot{s} = \left(g_\alpha + \bar{\lambda} g_\theta\right)u + c_\alpha \dot{\alpha} + f_\alpha + \bar{\lambda}\left(c_\theta \dot{\theta} + f_\theta\right) + \dot{\bar{\lambda}} s_\theta \tag{31}$$

Üstteki kayma yüzeyi türevi ifadesine (30)'i yerleştirilerek (32) elde edilir:

$$-K.sgn(s) = \left(g_\alpha + \bar{\lambda} g_\theta\right)u + c_\alpha \dot{\alpha} + f_\alpha + \bar{\lambda}\left(c_\theta \dot{\theta} + f_\theta\right) + \dot{\bar{\lambda}} s_\theta \tag{32}$$

Yukarıdaki denklemde u yalnız bırakılırsa toplam kontrol kuralı (yani: $u_{eq} + u_{sw}$) bulunur:

$$u = \frac{c_\alpha \dot{\alpha} + f_\alpha + \bar{\lambda}\left(c_\theta \dot{\theta} + f_\theta\right) + \dot{\bar{\lambda}} s_\theta - K.sgn(s)}{\left(g_\alpha + \bar{\lambda} g_\theta\right)} \tag{33}$$

Kontrolör parametrelerini belirlemek için, aday Lyapunov fonksiyonu: $V(s) = \frac{1}{2}s^2$ seçilebilir. Bu yüzen $\dot{V}(s)$ negatif tanımlı olmalıdır.

Seçilen Lyapunov fonksiyonunun zaman türevi şu şekilde hesaplanabilir:

$$\dot{V}(s) = s\dot{s}$$

$$\dot{V}(s) = s\left(\dot{s}_\alpha + \bar{\lambda}\dot{s}_\theta + \dot{\bar{\lambda}} s_\theta\right)$$

$$\dot{V}(s) = s\left(\left(g_\alpha + \bar{\lambda} g_\theta\right)u + c_\alpha \dot{\alpha} + f_\alpha + \bar{\lambda}\left(c_\theta \dot{\theta} + f_\theta\right) + \dot{\bar{\lambda}} s_\theta\right)$$

$$\dot{V}(s) = s\left(-K.sgn(s)\right)$$

$$\dot{V}(s) = -K|s|$$

$$\leq -K|s| < 0 \tag{34}$$

bu birleştirilmiş kayma yüzeyi s 'e sonlu bir sürede ulaşıldığını gösterir. Lyapunov kararlılık koşulunu sağlamak için ($\dot{V}(s) < 0$) , $K > 0$ seçilmelidir. Diğer parametreler (c_θ, c_α) deneme yanılma temelinde deneysel olarak belirlenebilir (Qian vd., 2006). Birleştirilmiş kayma kipi kontrol kuralı tekilliği önlemek için yatay düzlem etrafında uygun bir seviyeye kadar doyurulur (Park ve Chwa, 2009).

$$u_{sat} = u_{max} sat \frac{u}{u_{max}} \tag{35}$$

Burada seçilen u_{max} bir doygunluk seviyesidir. Yani sisteme verilen kontrol sinyali gücü $-u_{max}$ ile u_{max} sınırları arasında hareket edecektir.

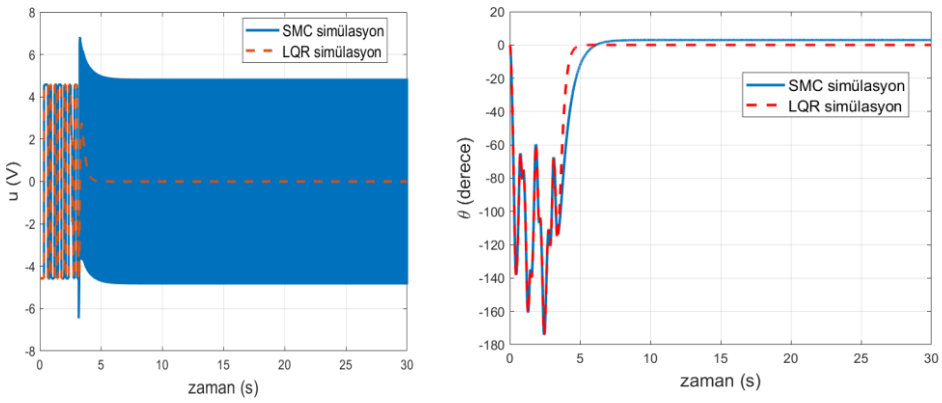
Tablo 2. Kayar Kip Kontrol Parametreleri

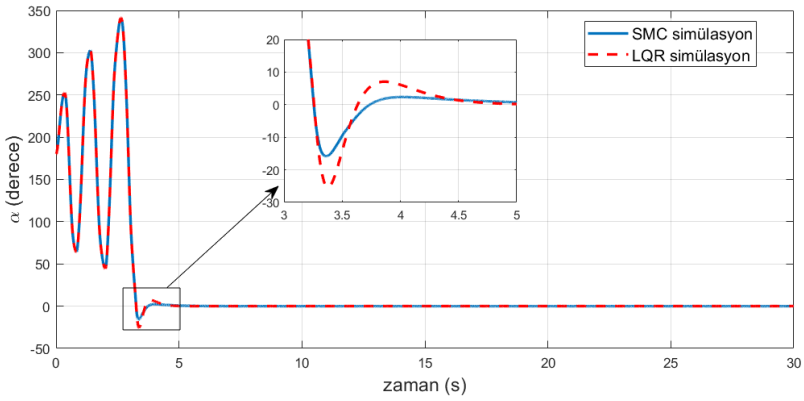
Sem-bol	Açıklama	Değer	Sem-bol	Açıklama	Değer
c_θ	Alt kayma yüzeyi katsa-yısı	8.5	λ	Birleştirme katsayısı	-0.93
c_α	Alt kayma yüzeyi katsa-yısı	1.5	u_{max}	Azami kontrol girişi	12
K	Anahtarlama katsayısı	40			

4. SİSTEMİN BENZETİM SONUÇLARI

Matlab programı aracılığıyla kendi ürettiğimiz Döner Ters Sarkaç deney düzeneğinin sahip olduğu parametreler kullanılarak sistemin benzetimi yapılmıştır.

Şekil 3. Yukarı-salınım kontrolcüsü ve dengeleme kontrolörü beraber uygulandığındaki benzetim karşılaştırması. Zamanla değişen, kontrol sinyali(sol üst), kol konumu(sağ üst), sarkaç konumu(alt) grafikleri verilmiştir.

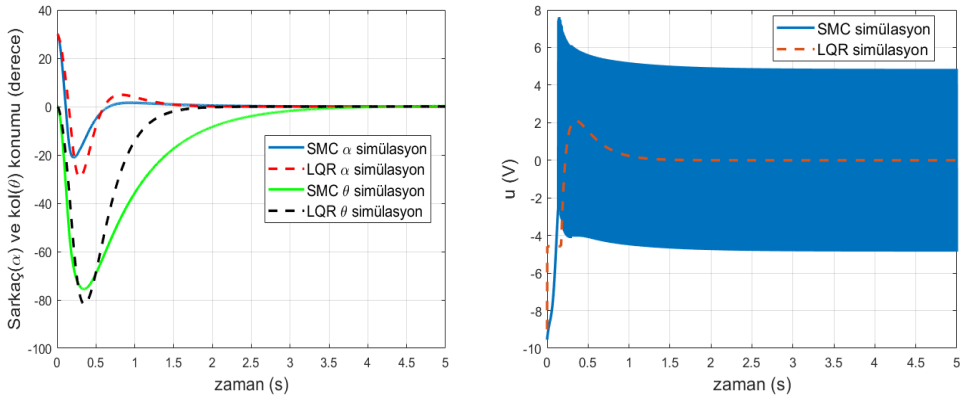




Döner Ters Sarkaca, hibrit kontrolör uygulanarak sarkaç hareketsiz asılı konumdan, dik pozisyondaki kararsız denge noktasına gelmiştir. Bu uygulamanın Matlab programı yardımıyla sayısal benzetimi Şekil 3.'de gösterilmiştir.

Yukarı-salınım kontrolcüsü uygulanmadan sadece dengeleyici kontrolcüler uygulanarak yapılan benzetim sonuçları Şekil 4.'de gösterilmiştir. Başlangıç koşulları $\left[\theta, \alpha, \dot{\theta}, \dot{\alpha}\right]^T = [0, 30, 0, 0]^T$ alınmıştır.

Şekil 4. $\pm 30°$ 'de devreye giren dengeleyici kontrolcüye sistem yanıtının simülasyonu. Kol ve sarkaç açılarının değişimini gösteren grafik solda, kontrol sinyalinin değişimini gösteren grafik sağda verilmiştir.



5. SONUÇLAR

Bu çalışmanın nihai hedefi, bu bildiri kapsamında başarılı benzetim sonuçları sunulan kontrol yöntemlerinin, tarafımızca (3dRIP) üretilen döner ters sarkaçın kontrolünde kullanılmasıdır. Bu çalışma kapsamında farklı kontrol stratejilerinin başarım belirlenmesi amacıyla, üretilen deney düzeneği parametreleri kullanılarak benzetim sonuçları elde edilmiştir. Kullanılan kontrol stratejileri Kayan Kipli Kontrol (SMC) ve Doğrusal karesel düzenleyici (LQR) yöntemleridir. Her iki yönteminde benzetim sonuçları, test düzeneğine uygulandıklarında başarım gösterecekleri öngörüsü oluşturulmasına neden olmuştur.

Kayan kipli kontrol (SMC) yöntemi, döner ters sarkaç (RIP) simülasyonunu, doğrusal olmayan dinamik denklemleri ile kontrol etmeyi başarmıştır. İki kayma yüzeyi tasarlanıp, bu yüzeyler duruma bağlı bir birleştirme parametresiyle ana kayma yüzeyi oluşturulmuştur. Bu kayma yüzeylerinin asimptotik stabilitesi teorik olarak kanıtlanmıştır. SMC yönteminde benzetim sonuçları her nekadar signum fonksiyonu içeren $\dot{s} = -K.sgn(s)$ kayma yüzeyinde kalma kontrolcüsü ile yapılmış olsa da literatürde, pratik uygulamalarda $\dot{s} = -K.tanh(s)$ olarak kullanılabildiği (Furat ve Eker, 2016) yönünde çalışmalara rastlanmıştır. Bu tercihin sistemde daha az çatırtıya (titreme) neden olacağı böylelikle daha stabil bir duruş elde edileceği düşünülmektedir.

Benzer şekilde, Doğrusal karesel düzenleyici (LQR) için de döner ters sarkaç (RIP) simülasyonu ile başarılı benzetim sonuçları elde edilmiştir. Kayan Kipli Kontrolden (SMC) farklı olarak LQR'da, yöntemin doğası gereğince dinamik denklemler doğrusallaştırılarak kullanılmıştır. Her iki yöntemde de Şekil 4'de görüldüğü gibi hem sarkaç açısı hem de kol açısı başarılı bir şekilde denge noktasına gelmektedir.

Kayan Kipli Kontrol SMC ve Doğrusal Karesel Düzenleyici (LQR) yöntemleri karşılaştırıldığında, SMC yönteminin hatalı modelleme parametrelerinde LQR'a kıyasla daha dayanaklı sonuçlar üretebilme özelliğine sahip olduğu görülmüştür. Fakat LQR yönteminde, dışarıdan verilen bozucu etkilere karşı sistemin daha başarılı ve hızlı hareket ettiği saptanmıştır.

Benzetim sonuçları, hem SMC hem de LQR yöntemi için kontrol yöntemi parametreleri deneme yanılma ile belirlenerek bulunmuştur ve bu parametrelerin optimal seçildiği iddia edilememektedir. Bu nedenle yöntemlerin birbiriyle başarım oranları açısından karşılaştırılması çok uygun görülmemektedir. Ancak her iki yönteminde deneysel ekipman üzerinde uygulanabilir olduğu benzetim sonuçlarıyla gösterilmiştir.

Çalışmanın bundan sonraki aşaması algoritmaların döner ters sarkaç sistemine uygulanarak başarım belirlenimi yapılmasıdır.

KAYNAKÇA

Al-Jodah, A., Zargarzadeh, H., & Abbas, M. K. (2013). *Experimental verification and comparison of different stabilizing controllers for a rotary inverted pendulum.* Paper presented at the 2013 IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering.

Åström, K. J., & Furuta, K. (1996). Swinging up a pendulum by energy control. *IFAC Proceedings Volumes, 29*(1), 1919-1924.

Emelyanov, S. (1967). Variable structure control systems. *Moscow, Nouka*.

Furat, M., & Eker, İ. (2016). Geliştirilmiş ikinci derece kayan kipli kontrol: teori ve deneysel uygulama. *Mühendis ve Makina, 57*(675), 49-53.

Furuta, K., Yamakita, M., & Kobayashi, S. (1992). Swing-up control of inverted pendulum using pseudo-state feedback. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering, 206*(4), 263-269.

Ghorbani, F., Shooredeli, M. A., & Teshnehlab, M. (2013). *Fault tolerant improvement with chaos synchronization using Fuzzy-PID control.* Paper presented at the 2013 13th Iranian Conference on Fuzzy Systems (IFSC).

Khanesar, M. A., Teshnehlab, M., & Shoorehdeli, M. A. (2007). *Sliding mode control of rotary inverted pendulm.* Paper presented at the 2007 Mediterranean Conference on Control & Automation.

Kirk, D. E. (2004). *Optimal control theory: an introduction*: Courier Corporation.

Ogata, K. (2010). Modern control Engineering 5 th. *United States*.

Park, M.-S., & Chwa, D. (2009). Swing-up and stabilization control of inverted-pendulum systems via coupled sliding-mode control method. *IEEE Transactions on Industrial Electronics, 56*(9), 3541-3555.

Qian, D., Yi, J., Zhao, D., & Hao, Y. (2006). *Hierarchical sliding mode control for series double inverted pendulums system.* Paper presented at the 2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems.

Quanser. (2015). Rotary Inverted Pendulum Workbook.

Rajan, A., Kumar, A. A., & Kavitha, C. (2016). *Robust control methods for swing-up and stabilization of a rotary inverted pendulum.* Paper presented at the 2016 International Conference on Emerging Technological Trends (ICETT).

Utkin, V. I. (2008). Sliding mode control: mathematical tools, design and applications. In *Nonlinear and optimal control theory* (pp. 289-347): Springer.

Yadav, S. K., Sharma, S., & Singh, N. (2012). Optimal control of double inverted pendulum using LQR controller. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, 2*(2)

DETERMINATION OF ANTIMICROBIAL AND ANTIOXIDANT ACTIVITIES OF WATER / OR ALCOHOL BASED COMMERCIAL PROPOLIS EXTRACTS USED IN MEATBALL PRODUCTION

Dr. Yasemin ÇELEBİ SEZER
Osmaniye Korkut Ata University

ABSTRACT: The aim of this work was to measure the effectiveness of propolis extract to decrease microbial growth and lipid oxidation on meatballs during refrigerated storage. Meatballs were produced by addition of propolis extract in 3 different treatments: (1) Control (no propolis extract addition); (2) commercial alcohol based commercial propolis (2.5% w/w); (3) water based commercial propolis (2.5% w/w). Meatballs were covered with polyvinyl chloride and stored at 4°C for 6 d. Microbial growth, lipid oxidation (thiobarbituric acid-reactive substances, TBARS), pH levels, color values (L∗, a∗ and b*) of meatballs were determined. Additionally, total phenolic content (TPC) and free-radical scavenging activity (FRS) of the propolis extract was analyzed using spectrophotometer. It was found that, the alcohol based propolis extract had the highest amount of the total phenolic. Meatballs with alcohol based propolis extract addition indicated the highest FRS which correlated with TPC. Total mesophilic and psychrotrophic bacteria growth and lipid oxidation values were decreased by water/alcohol based propolis extract treatment in refrigerated (+4ºC) meatballs after 6 days. These findings demonstrated that water/alcohol based propolis extract has perfect potential as a natural antimicrobial and antioxidant additive to increase the shelf life of the meatballs.

Keywords: water/or alcohol based propolis, antimicrobial activity, TBARS, antioxidant activity, microbial growth

Köfte Üretiminde Kullanılan Su / veya Alkol Bazlı Ticari Propolis Ekstraktların Antimikrobiyal ve Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi

ÖZET: Bu çalışmanın amacı, köfte üretiminde ilave edilen propolis ekstraktının mikrobiyal büyümeyi ve lipid oksidasyonunu azaltmadaki etkinliğini depolama süresince ölçmektir. 3 farklı işlem ile propolis özütü eklenerek köfte üretilmiştir: (1) Kontrol (propolis özütü ilavesi yok); (2) ticari alkol bazlı

ticari propolis (% 2.5 ağırlıkça); (3) su bazlı ticari propolis (% 2.5 ağırlıkça). Köfteler polivinil klorür ile kaplanarak 4°C'de 6 gün depolanmıştır. Köftelerin mikrobiyal gelişimleri, lipid oksidasyonu değerleri (thiobarbituric acid-reactive substances, TBARS), pH seviyeleri ve renk değerleri (L ∗, a ∗ ve b *) belirlenmiştir. Ayrıca, propolis ekstraktının toplam fenolik içeriği ve serbest radikal temizleme aktiviteleri spektrofotometre kullanılarak analiz edilmiştir. Toplam fenolik içeriği alkol bazlı propolis özütlerinde yüksek değerlerde bulunmuştur. Alkol bazlı propolis özütü ilaveli köfteler, toplam fenolik içeriği ile koralasyon göstererek en yüksek serbest radikal temizleme aktivitesi değerini göstermiştir. Buzdolabı koşullarında (+ 4ºC) altı günlük depolama sonucunda su/alkol bazlı propolis özütü ilave edilen köftelerin toplam mezofilik/ psikrotrof bakteri gelişimi ve lipid oksidasyon değerleri azalmıştır. Bu bulgular, su / alkol bazlı propolis özütünün soğuk havada depolanan köftelerin raf ömrünü uzatmak için doğal bir antimikrobiyal ve antioksidan katkı maddesi olarak mükemmel bir potansiyele sahip olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Su /veya alkol bazlı propolis, antimikrobiyal aktivite, TBARS, antioksidan aktivite, mikrobiyal büyüme

1. Introduction

Lipid oxidation and microbial growth are the major factors responsible for meat and meat product quality deterioration during storage. Lipid oxidation may cause nutritional and color losses in products, reducing their acceptability by consumers (Tossi et al. 2007; Vargas-Sánchez et al. 2014). Synthetic antioxidants such as BHA and BHT, which are used to prevent lipid oxidation, have many health risks (Karpińska-Tymoszczyk et al. 2014; Vargas-Sánchez et al. 2014). Therefore, interest in antioxidants obtained from natural sources such as propolis has increased (Vargas-Sánchez et al. 2014).

Propolis is a natural bee product formed by the reaction of resin-containing compounds that bees collect from various parts of plants with enzymes (Duman, 2010; Sağdıç et al. 2020). Propolis is a bee product with antimicrobial, antioxidant, anti-inflammatory, immunomodulatory, antitumor, anticancer, antiulcer, hepatoprotective, cardioprotective and neuroprotective properties. These health properties of propolis are related to components such as polyphenols, phenolic aldehydes, sesquiterpene quinones, coumarins, amino acids, steroids, and inorganic compounds (Farooqui & A. Farooqui, 2012). However, propolis cannot be consumed in the raw form. In the first stage, the wax and impurities in the raw form of propolis must be removed and then extracted (Galeotti et al., 2018). Therefore, different propolis products containing ethyl alcohol or water as solvents have started to appear in the market

(Sağdıç et al. 2020). In this study, was to measure the effectiveness of alcohol/ or water propolis extract to decrease microbial growth and lipid oxidation on meatballs during refrigerated storage.

2. Material-Method

2.1. Materials

Propolis is filtered with Whatman 42 and then concentrated at low pressure using of rotary evaporator (IKA, RV 3). Minced meat and meatball mixture bought in local market in Osmaniye.

2.2. Meatballs Preparation

Meatballs were prepared by adding 150 g meatball mixture into 1 kg of minced meat. Meatballs were produced by addition of propolis extract in 3 different treatments: (1) Control (no propolis extract addition); (2) commercial alcohol based commercial propolis (2.5% w/w); (3) water based commercial propolis (2.5% w/w). Meatballs were covered with polyvinyl chloride and stored at 4°C for 6 d.

Meatballs were taken from starting from first day with the interval of 3 days within the storage for analysis. pH, 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), color levels, total mesophilic and psychrotrophic bacteria counts were determined. All analyses were fulfilled in triplicate.

2.3. Total Phenolic Content (TPC) and Antioxidant Activity Assays

The determination of TPC of propolis extract was performed by Singleton and Rossi (1965). Firstly, 0.2 mL water/ alcohol propolis extracts were mixed with 0.25 mL of Folin–Ciocalteu reagent and completed to 2.5 mL with distilled water. The extract was holding at room temperature for 3 min and 0.5 mL of sodium bicarbonate (35 %, w/v) was added to the mixture and then completed to 5 mL with distilled water. After standing for 120 min in the dark at room temperature, absorbance was measured at 725 nm with using a spectrophotometer (UV 1800, Shimadzu, Tokyo, Japan).

The antioxidant activity of propolis extracts were detected using DPPH method of Brand-Williams et al. (1995). 0.1 mL of sample solution was blended with 2.9 mL of DPPH solution. The mixture was vortexed and waited in without light for

30 min. The absorbance of level was determined at 515 nm applying a spectrophotometer (UV 1800, Shimadzu, Tokyo, Japan). The antioxidant activity of the propolis extracts were examined in terms of antioxidant activity, and described as percentage inhibition of the DPPH radical by using Eq. 1.

The inhibition of DPPH radical = $(A_{blank}-A_{sample})/A_{blank}x100$

2.4. pH

The pH was analyzed with a pH meter at room temperature (20°C) (Thermo Scientific, Orion 2 Star). The pH was determined after homogenizing 10 g meatball with 90 mL of distilled water with use of a homogenizer (Waring blender, 8010ES).

2.5. Lipid Oxidation

TBARS levels of the meatballs were analyzed by use of spectrophotometric method (Bozkurt, 2006). After homogenization of meatballs, 2 g sample were received and extracted with 0.4 M perchloric acid and centrifuged for 5 min at 4000 rpm. Then, 1 ml of sample was dumped into test-tube. TBA reagent (5 mL) was incorporated and the sample was warmed in a boiling water bath for 35 min. After refrigeration with tap water, the absorbance of the sample was commented versus the blank at 538 nm with using a spectrophotometer (UV 1800, Shimadzu, Tokyo, Japan).

2.6. Color

L*, a* and b* levels were analyzed by use of Konica Minolta Chroma meter CR 400.

2.7. Microbiological Analysis

10 g meatballs were taken aseptically and homogenized with 90 ml sterile peptone water and then serial dilutions were prepared for microbiological analysis. Total mesophilic and psychrotrophic growth were performed in triplicate on Plate Count Agar (Merck) at 30ºC for 3 days, at 6ºC for 8 days, respectively (Erkmen, 2000).

2.8. Statistical Analyses

All analysis were performed in triplicate and they were examined with one-way analysis of variance (ANOVA) to determine significal differences at $p < .05$ using the SPSS version 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

3. Result and Discussion

3.1. Total Phenolic Content (TPC) and Antioxidant Activity Assays of Propolis Exracts

In this study, TPC was found as 185.4 ± 0.05 mg GAE/mL in alcohol-based propolis extracts and 106.8 ± 0.09 mg GAE/mL in water-based propolis extracts. Total phenolic content of alcohol-based propolis extracts was higher significantly compared with the water-based propolis extracts ($P < 0.05$). The phenolic content of propolis extracts is strongly related to their biological properties (Viuda-Martos et al. 2008; Vargas-Sánchez et al. 2014). In another study, 10 grams of propolis was extracted in 100 mL of water and 100 mL of 70% ethanol and the total amount of phenolic substances was determined. Similar results were observed with our study by finding 1.6 ± 0.4 mg GAE / ml in the extraction with water and 12.7 ± 1.2 mg GAE / mL in the extraction with 70% ethanol (Kubiliene ve ark., 2015).

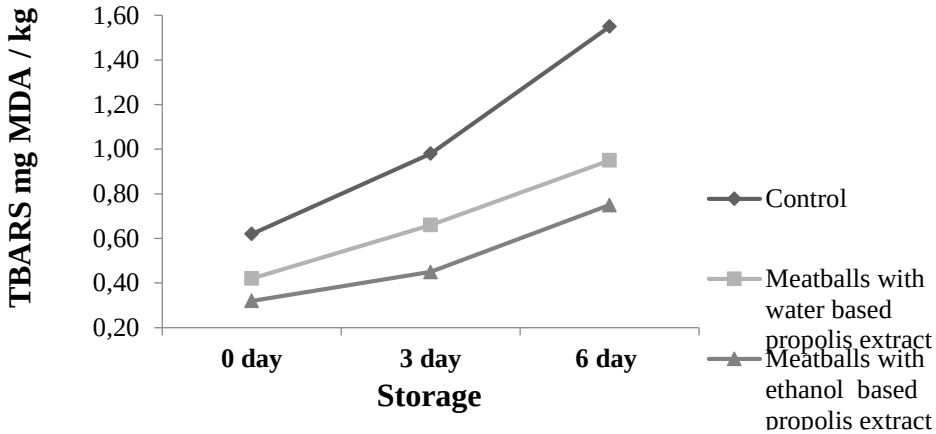
Alcohol based propolis extract had powerful antioxidant performance in comparison with the water based propolis propolis extract ($P < 0.05$). These values were determined as 42.8% DPPH radical scavenging activity in alcohol based propolis extract and 37.6% DPPH radical scavenging activity in water based propolis propolis extract. Navarro-Navarro et al. (2013) found that 35% DPPH radical scavenging activity at 100 µg / mL in Sonoran propolis, which is consistent with the values in our study.

3.2. Ph Values of Meatballs

In this study, pH values gradually reduced from 5.83 to 5.75 during storage and alcohol/or water propolis extract had no significant effect on pH values ($P> 0.05$).

3.3. Lipid Oxidation of Meatballs

The effectiveness of alcohol and water-based propolis in inhibiting lipid oxidation in meatballs was evaluated. Firstly, lipid oxidation was occurred at the beginning of storage due to meatballs were exposed to oxygen for a long time. At the end of storage, TBARS values of control, water and alcohol-based propolis treated samples were 1.55, 0.95 and 0.75 mg MDA/kg, respectively ($P < 0.05$) (Graph 1). These results showed that low temperatures did not prevent lipid oxidation. Addition of alcohol based propolis is the most effective method to prevent lipid oxidation of meatballs. This may be related to TPC content and antioxidant activity of alcohol based propolis.



Graphic 1. Lipid oxidation values of meat balls during storage

3.4. Color Values of Meatballs

Color values (L*, a* and b*) of meatballs during storage were given in Table 1. A significant decrease in L * values of meatballs were observed during storage (P <0.05). On the 6th day of storage, the highest L * values were observed in the water/alcohol based propolis treated meatball groups (P <0.05). It was concluded that alcohol /water based propolis prevents the color of the meatballs from darkening. During storage, a * values of samples (P <0.05) were decreased and the highest a* values were observed in the water/ alcohol based propolis treated meatballs (P <0.05) on day 6 of storage. According to these results, it was determined that the addition of water/alcohol based propolis preserved the red color of fresh meat more than the control group. There were no significant differences b* values of meatballs (P> 0.05).

Table 1. Color values of meatballs during storage

Parameter	Samples	0 day	3 day	6 day
L*	Control	46.2±0.35a,A	44.99±0.55b,B	42±0.28b,C
	Meatballs with water based propolis extract	47.55±0.46a,A	46.12±0.45a,B	44.45±0.20a,C
	Meatballs with alcohol based propolis extract	47.83±0.26a,A	46.15±0.44a,B	45±0.29a,C
a*	Control	17.23±0.22b,A	16.08±0.36b,B	11.45±0.16c,C
	Meatballs with water based propolis extract	19.62±0,21a,A	17.67±0.33a,B	13.45±0.36b,C
	Meatballs with alcohol based propolis extract	19.57±0.23a,A	17.00±0.33a,B	14.05±0.46a,C
b*	Control	20.89±0.48a,A	20.85±0.43a,A	20.90±0.41a,A
	Meatballs with water based propolis extract	20.84±0.47a,A	20.87±0.44a,A	20.89±0.40 a,A
	Meatballs with alcohol based propolis extract	20.86±0.46a,A	20.88±0.45a,A	20.89±0.46 a,A

Note: a-c: Different letters indicate statistical difference ($p < .05$) in the each coloumn. A-C: Different letters indicate statistical difference ($p < .05$) in each raw

3.4. Microbiological Growth of Meatballs

Total mesophilic and psychrotrophic growth of meatballs during storage were presented in Table 2. The counts of mesophilic and psychrotrophic bacteria increased during the storage period ($P < 0.05$). On the last day of storage, it was observed that meatballs with water/or alcohol propolis has a lower bacterial count than the control ($P < 0.05$). Propolis has antimicrobial effect due to inhibiting cell division, destroying cell cytoplasm and membrane and preventing DNA/RNA synthesis (Shan et al. 2007).

Table 2. Microbial growth of meatballs during storage

Parameters	Samples	0 day	3 day	6 day
Total mesophilic bacteria (log cfu/g)	Control	3.50± 0.05a,A	4.53± 0.04a,B	5.60± 0.03a,C
	Meatballs with water based propolis extract	2.25± 0.02b,A	3.35± 0.01b,B	4.32± 0.07b,C
	Meatballs with alcohol based propolis extract	2.31± 0.04b,A	3.23± 0.05b,B	4.30± 0.06b,C
Total psychrotrophic bacteria (log cfu/g)	Control	5.20± 0.02a,A	6.99± 0.03a,B	8.50± 0.04a,C
	Meatballs with water based propolis extract	4.11± 0.01b,A	5.33± 0.02b,B	6.50± 0.03b,C
	Meatballs with alcohol based propolis extract	4.08± 0.06b,A	5.45± 0.07b,B	6.45± 0.08b,C

Note: a-c: Different letters indicate statistical difference ($p < .05$) in the each coloumn. A-C: Different letters indicate statistical difference ($p < .05$) in each raw

4. Conclusion

Total mesophilic and psychrotrophic bacteria growth and lipid oxidation values were decreased by water/alcohol based propolis extract treatment in refrigerated (+4°C) meatballs after 6 days. These findings demonstrated that water/alcohol based propolis extract has perfect potential as a natural antimicrobial and antioxidant additive to increase the shelf life of the meatballs.

References

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1): 25-30.

Bozkurt, H. (2006). Investigation of the effect of sumac extract and BHT addition on the quality of sucuk (Turkish dry fermented sausage). *Journal of the Science Food and Agriculture*, 86(5): 849-856

Duman, S. (2010). Çanakkale (Türkiye) ilinde toplanan propolis örneklerinin antimikrobiyal aktiviteleri üzerine çalışmalar. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.

Erkmen, O. (2000). Basic methods for the microbiological analysis of foods.

Farooqui, T., & Farooqui, A. (2012). Beneficial effects of propolis on human health and neurological diseases. *Frontiers in Bioscience (Elite edition)*, 4,779-793.

Galeotti, F., Maccari, F., Fachini, A., & Volpi, N. (2018). Chemical composition and antioxidant activity of propolis prepared in different forms and in different solvents useful for finished products. *Foods*, 7(41), 1-10.

Karpińska-Tymoszczyk M. 2014. The effect of antioxidants, packaging type and frozen storage

time on the quality of cooked turkey meatballs. Food Chem 148:276–83.

Kubilienė, L., Laugaliene, V., Pavilonis, A., Maruška, A., Majiene, D., Barcauskaitė, K., Kubilius, R., Kasparavičienė, G., &Savickas, A. (2015). Alternative preparation of propolis extracts: comparison of their composition and biological activities. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 15(156), 1-7.

Navarro-Navarro M, Lugo-Sep´ulveda RE, Garc´ıa-Moraga MC, de la Rosa-L´opez R, Robles- Zepeda RE, Ruiz-Bustos E, Vel´azquez-Contreras CA. 2013. Actividad antibacteriana y antioxidante de extractos metan´olicos de prop´oleos de Magdalena de Kino y Sonoyta, Sonora. Biotecnia 14(3):9–15.

Sağdıç, O., Karasu, S., & Goktas, H. 2020. Piyasada Satılan Ticari Propolis Örneklerinin Biyoaktif Bileşenlerinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 19-31

Shan B, Cai YZ, Brooks JD, Corke H. 2007. The in vitro antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts. Int J Food Microbiol 117:112–9.

Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3):144-58.

Tosi EA, R´e E, Ortega ME, Cazzoli FA. 2007. Food preservative on propolis: bacteriostatic activity of propolis polyphenols and flavonoids upon *Escherichia coli*. Food Chem 104:1025– 29.

Vargas-Sánchez, R. D., Torrescano-Urrutia, G. R., Acedo-Félix, E., Carvajal-Millán, E., González-Córdova, A. F., Vallejo-Galland, B., ... & Sánchez-Escalante, A. (2014). Antioxidant and antimicrobial activity of commercial propolis extract in beef patties. *Journal of Food science*, *79*(8), C1499-C1504.

Viuda-Martos M, Ruiz-Navajas Y, Ferna´ndez-Lo´pez J, Pe´rez-A´ lvarez JA. 2008. Functional properties of honey, propolis, and royal jelly. J Food Sci 73(9):117–24.

Poster
Bildiriler

3B YAZICILARDA KULLANILAN MUMLARIN ÜRETİMİ VE GERİ DÖNÜŞÜMÜ

Alaaddin GÜNDEŞ
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Gökhan CEYHAN
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Mustafa SÖYLER
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

ÖZET: Bu çalışmada Projet 3600 CPX max marka yüksek hassasiyetli 3B yazıcılarda kullanılan mumun alternatifinin üretilmesi hedeflenmiştir. İlk olarak 3B yazıcılarda kullanılan mumlar FTIR, XRD ve DSC analizleri yapılmış ve mumum içerisinde mikrokristalin (C6H10O5), parafin wax (CnH2n+2), Stearik asit (CH3(CH3) 16COOH), Folik asit (C19H19N7O6), bulunduğu anlaşılmıştır. Bizde bu çalışmada belirlediğimiz oranlarda 80°C derecede yeni mumu elde edilmiştir. Elde edilen mumum FTIR analizlerinde mevcut mumun analizleri birebir tuttuğu gözlenmiştir. DSC analizinde mevcut orijinal mum 28-65,9 °C derece aralığında erirken tarafımızdan üretilen de 28-66,13 °C derece aralığında eridiği görülmüştür. Bu da mevcut 3B yazıcılarda yeni mumum kullanılabileceğini göstermiştir.

Project 3600 cpx max 3b yazıcı hassasiyeti 0.01 mikron

GİRİŞ:

Dünya Nüfusunun artmasıyla birlikte gelişen teknoloji ve bu teknolojinin getirdiği yenilikler sonucunda insanlar hayal ettikleri teknolojik ürünleri daha kolay elde etme ve üretme isteği doğmuştur. İşte burada bu ihtiyaca cevap verecek teknolojik ürün ise 3B yazıcılardır. Bu çalışmamızda hassasiyeti yüksek 3B yazıcılarda kullanılan mumların geri kazanılması ve üretilmesi hedeflenmiştir. Kuyumculuk, Dişçilik, gibi mesleklerde kullanılan 3b yazıcılar daha hassas olduğu için bu yazıcılarda kullanılan mumlar daha esnek ve akışkan olmalıdır. Maliyeti çok yüksek olan bu mumları laboratuvar ortamında inceleyerek kullanılan mumları geri kazanmak ve yeni üretilen mumun daha esnek ve ekonomik olarak ucuz mal edinmesi ve üretilmesi hedeflenmiştir. Özelliklede kuyumculukta kullanılan 3B yazıcılarda mumların kırılgan olması döküm işlemi sırasında problemler çıkarmaktadır. (Özsoy ve ark., 2017)

Bu çalışmada hassasiyeti yüksek 3B yazıcılarda kullanılan mumların geri kazanılması ve mevcuttun alternatifinin üretilmesi hedeflenmiştir. Kuyumculuk, dişçilik, gibi hassas mesleklerde kullanılan 3B yazıcılarda kullanılan mumlar daha esnek ve akışkan olmalıdır. Maliyeti çok yüksek olan bu mumları laboratuvar ortamında inceleyerek kullanılan mumları geri kazanmak ve yeni üretilen mumun daha esnek ve ekonomik olarak üretilmesi hedeflenmiştir.(Swetham ve ark., 2017)

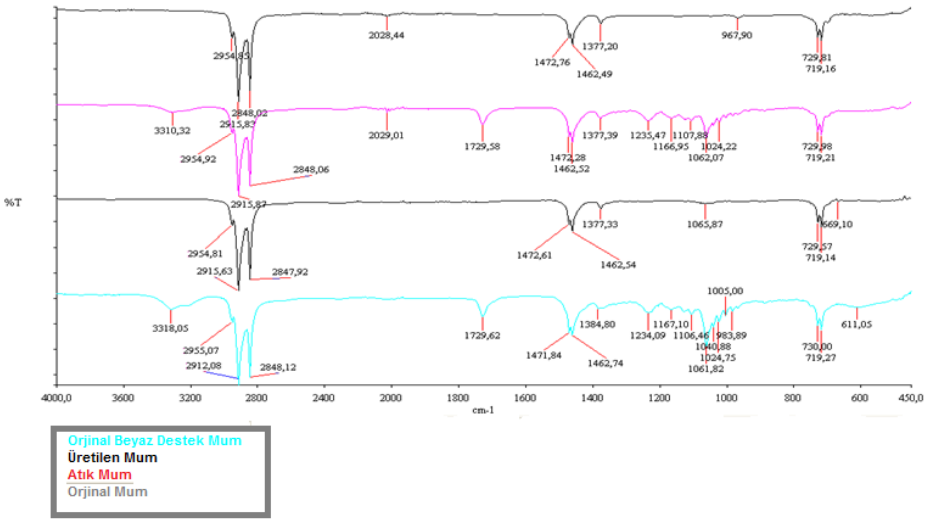
MATERYAL-METOD:

3B yazıcı mumunun üretimi ve geri dönüşümü aşağıdaki aşamalarda gösterilmiştir. Mevcut kullanılan ve 3B yazıcıdan çıkan atıklar FTIR ve DSC analizi yapılarak erime sıcaklıklarına bakılmıştır. Yapılan analizler ve daha önceki çalışmalara bakarak, incelenen numunelerin içerisindeki katkı maddeleri incelendi.

Mum Sentezi Aşamaları

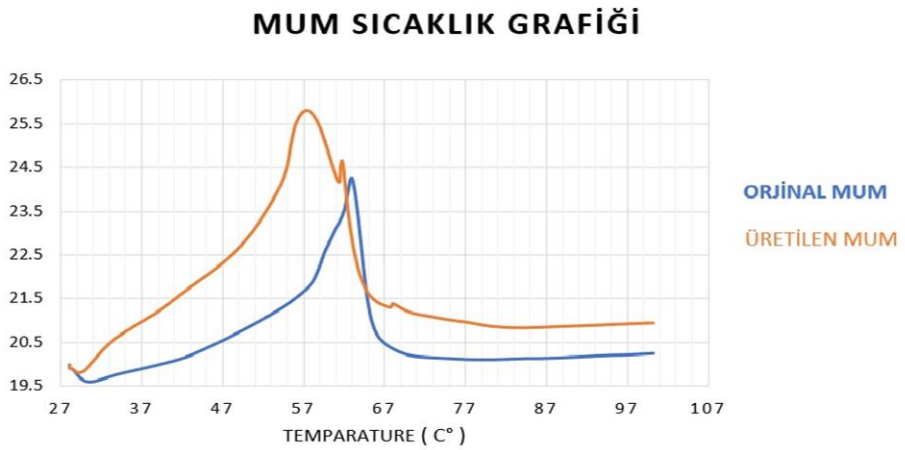
SONUÇLAR:

Orijinal mumun FTIR analiz sonuçlarına baktığımızda hidrate veya koordine H2O molekülleri içerdiğinden dolayı 3350cm-1 aralığında geniş bandlar H2O moleküllerinin varlığını göstermektedirler. Muma ait spektrumda 2954ve 2900cm-1 orta şiddetteki titreşim bandları stearik asit ve wax birleşiminden kaynaklı alifatik n(C-H) gruplarını göstermektedir.



FTIR Spektrumları

Muma ait DSC eğrileri incelendiğinde 170-200 °C aralığında kristal katı halden smektik C fazına geçiş görülürken, 47-67 °C aralığında smektik C fazından izotropik faza kayma gözlemlenmiştir. Soğutma sırasında ise 37-39 °C aralığında tekardan smektik faza geçiş görülmüştür. XRD paternleride benzer şekilde 27 ve 39°'de amorf pikler vermiştir.



DSC Eğrileri

KAYNAKÇA

Özsoy, K., Duman, B. 2017. International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry, (1), 36-48.

Swetham T., Reddy K.M.M., Huggi A., Kumar M.N., 2017. A Critical Review on of 3D Printing Materials and Details of Materials used in FDM 2017 IJSRSET 3(2).

AHŞAP MALZEMELER: İÇ MİMARLIK FİRMALARI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Selim DEĞİRMENTEPE
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi

Mehmet ÇOLAK
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi

ÖZET: Ahşap malzemeler gerek mobilya gerek yapılarda diğer malzemelere göre birçok üstün özelliklere sahip malzemelerdir. Buna rağmen ahşap malzemeler potansiyeline göre kullanım oranının yetersiz olduğu düşünülmektedir. İç mimarlık firmaları ise hem mobilya hem de yapı tasarımında önemli rol oynayan ve malzeme tercihinde bulunan işletmelerdir. Bu sebepten dolayı araştırmada, Türkiye'de faaliyet gösteren iç mimarlık firmalarının iç ve dış mekanlarda mobilya ve yapı malzemesi olarak ahşap malzemeleri tercih etme düzeyleri araştırılmıştır.

Araştırma kapsamında, yapılan örneklem hesaplamaları neticesinde Türkiye'deki firmaları temsil edecek şekilde İstanbul, Ankara ve İzmir'de faaliyet gösteren 272 adet firma yöneticisine anket uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Araştırma neticesinde, iç mimarlık firmalarının açık ve kapalı ortamlarda kullanılan mobilya ve yapılarda ahşap malzemelerin tercih etme düzeyleri hakkında veriler elde edilmiş ve elde edilen veriler yardımıyla değerlendirilmelerde bulunulmuştur. Elde edilen veriler ve yapılan değerlendirmeler sonucunda; iç mimarlık firmalarının iç ve dış mekanlardaki mobilya ve yapılarda, görsellik, direnç ve taşıma gücü, ürün çeşitliliği, yenilenebilir olması, kolay işlenmesi gibi bir çok üstün özelliğe sahip ahşap malzemeleri tercih etme düzeylerinin yeterli olmadığı ve tercih durumlarında kararsız bir tutum da sergiledikleri görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ahşap Malzemeler, İç Mimarlık, Mobilya, Yapı

ABSTRACT: Wood materials are materials that have many superior properties compared to other materials in both furniture and buildings. Despite this, it is considered that the usage rate of wood materials is insufficient according to their potential. Interior architecture firms are businesses that play an important role in both furniture and building design and prefer materials. For

this reason, in the research, the level of preference of wooden materials by interior architecture firms was investigated.

In the scope of the research, a survey was conducted with 272 companies operating in Istanbul, Ankara and Izmir.

As a result of the research, data on the preference of wood materials in furniture and buildings used in indoor and outdoor spaces of interior architecture companies were obtained and evaluated with the help of the obtained data. As a result of the obtained data and evaluations; It is seen that interior architecture firms do not prefer wood materials, which have many superior features such as visuality, resistance and carrying capacity, product variety, renewable, easy processing, in interior and exterior furniture and structures, and they also show an indecisive attitude in their preferences.

Keywords: Wooden Materials, Interior Architecture, Furniture, Building

GİRİŞ

Genel anlamda mobilya ve yapılarda kullanılan malzemelere; ahşap malzemeler, metal malzemeler, tekstil ürünleri, doğal ve suni deri ve plastik malzemeler diyebiliriz.

Ahşap malzemeler; karakteristik özelliklerinde hiç bir değişik yapılmadan elde edilen doğal ahşap yada masif ahşap malzeme ve teknolojiden faydalanılarak karakteristik özellikleri değiştirilerek daha iyi bir kullanım için geliştirilen yapay ahşap yada ahşap esaslı malzeme olarak iki farklı şekilde elde edilmektedir.

Mobilya ve yapı malzemelerinin seçiminde kullanım amacı, yeri, işlevi, maliyeti gibi göz önünde bulundurulan faktörler vardır. Bu sebepten dolayı mobilya ve yapı malzemesi olarak kullanılacak olan ahşap malzemeler bu faktörlere göre belirlenir. Ahşap malzemeler, masif ahşap, yonga levha, OSB, lif levha, LSL, lamine ahşap gibi ürün çeşitliliği ile bu faktörleri karşılayabilecek olanaklara sahiptir.

YÖNTEM

İç mimarlık firmaları üzerine bir araştırma yapılması amacıyla iç mimarlık firmalarının yöneticilerine anket tekniği uygulanmıştır.

Araştırma kapsamında evren, Türkiye'deki ticaret odaları veya ticaret ve sanayi odalarında "Mesleki, Bilimsel ve Teknik Faaliyetler" grubunda "74.10.01"

NACE kodu ve "İç Mimarların Faaliyetleri (İç Dekorasyon Dahil)" adıyla faaliyet gösteren iç mimarlık firmalarıdır.

Anket uygulanacak örneklem büyüklüğünü belirlenmek için aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$n=(Z^2 \times N \times P \times Q)/(〖N \times D〗^2+ Z^2 \times P \times Q)$$

BULGU

İşletmelerin ahşap malzemeleri tercih etme düzeylerini belirlemek amacı ile anket formunda verilen ifadeleri 5'li Likert ölçeğine göre "Kesinlikle Katılmıyorum", "Katılmıyorum", "Ne Katılıyorum Ne Katılmıyorum", "Katılıyorum" ve "Kesinlikle Katılıyorum" şeklinde değerlendirerek cevaplandırılması istenmiştir. Katılımcıların verdiği cevaplar neticesinde elde edilen verilerle yüzde, frekans, ortalama, ortanca ve tepe değerleri hesaplanarak ilgili başlık ve Tablo halinde verilmiştir.

İç Mimarlık Firmalarının Ahşap Malzemeleri Tercih Etme Düzeyleri

İfadeler		Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Ne Katılıyorum Ne Katılmıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Ort	OR	TD
Firma ve çalışanları olarak ahşap malzemeler hakkında (özellikleri, çeşitleri, avantajları, korunması vb.) yeterli bilgiye sahibiz.	f	3	10	60	142	57	3,88	4	4
	%	1,1	3,7	22,1	52,2	21,0			
İç mekan uygulamalarınızda kullandığınız mobilyalarda ahşap malzemeyi tercih ederiz.	f	1	31	85	126	29	3,56	4	4
	%	0,4	11,4	31,3	46,3	10,7			
Dış mekan uygulamalarınızda kullandığınız mobilyalarda ahşap malzemeyi tercih ederiz.	f	1	76	75	92	28	3,26	3	4
	%	0,4	27,9	27,6	33,8	10,3			
İç mekan uygulamalarınızda kullandığınız yapı malzemelerinde ahşap malzemeyi tercih ederiz.	f	-	37	80	126	29	3,54	4	4
	%	-	13,6	29,4	46,3	10,7			
Dış mekan uygulamalarınızda kullandığınız yapı malzemelerinde ahşap malzemeyi tercih ederiz.	f	-	54	91	105	22	3,35	3	4
	%	-	19,9	33,5	38,6	8,1			

Ort= Ortalama, OR=Ortanca, TD=Tepe değer

SONUÇLAR

İşletmelerin ahşap malzemeler ile ilgili görüşleri incelendiğinde, işletmeler %72,2 gibi yüksek bir oranla firma ve çalışanları olarak ahşap malzemeler hakkında (özellikleri, çeşitleri, avantajları, korunması vb.) yeterli bilgiye sahip olduklarını belirtmişlerdir. İç ve dış mekan uygulamalarında kullandıkları malzemeler arasında ahşap malzemeleri ne derecede tercih ettiklerine bakıldığında, iç mekanlarda hem mobilyalarda hem de yapılarda %57'lik bir oranlarla tercih ettikleri görülürken, dış mekanlardaki mobilyalarda %44,1, yapılarda ise %46,7 oranında tercih ettiği görünmektedir. İşletmelerin genel anlamda ahşap malzemelerin birçok olumlu özelliklerine rağmen istenilen düzeyde tercih etmediği düşünülmektedir. Firmaların malzeme tercihi durumlarına bakıldığında iç mekanlara kıyasla dış mekanlarda ahşap malzemeleri hem mobilya hem de yapı malzemesi olarak daha düşük seviyede tercih ettiği anlaşılmaktadır. Firmaların çoğunluğu ahşap malzemeler hakkında yeterli bilye sahip olduklarını beyan etmelerine rağmen ahşap malzemeleri tercih etme durumlarında kararsız bir tutum sergilediği de görülmektedir.

KAYNAKLAR

KARASAR, N. (1991). Bilimsel Araştırma Yöntemi, Sanem Matbaacılık, Ankara.

KARTAL, B. (2015). Yapılarda Ahşap Kullanımı ve Çağdaş Yapı Teknolojisinde Ahşap Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

KURTOĞLU, A. ve SOFUOĞLU, S.D. (2013). Mobilya ve Ağaç İşlerinde Kullanılan Ahşap Malzemeler 1: Ağaç Malzemelerin Seçimi, İşlenmesi, Mobilya ve Yapı Elemanlarının Üretiminde Kullanılmaları, Mobilya Üretiminde Kullanılan Ağaç Kökenli Malzemeler, Mobilya Dekorasyon Dergisi, 22(118): 62-78.