

**4. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi
(14 – 17 Şubat 2019 / Yalova)
(UBAK)**

4th International Scientific Research Congress
(14 – 17 February 2019 / Yalova)
(UBAK)

Bildiri Tam Metin Kitabı
Proceeding Book

8

FEN VE MÜHENDİSLİK

Editör / Editor
Prof. Dr. Senar AYDIN

Ankara 2019

Yayın Koordinatörü/ Broadcaste Coordinator•
Prof. Dr. Senar AYDIN

Yayın Yönetmeni / General Publishing Director •
Prof. Dr. Senar AYDIN

Editör / Edited by •
Prof. Dr. Senar AYDIN

Kapak Tasarım / Cover Design
Dr. Esra KİRİK

İç Tasarım / Interior
Dr. Yasemin ULUTÜRK

Birinci Basım / First Edition• ©
2019 / 2019-Yalova

ISBN: 978-605-80780-6-2

© copyright
Telif ve hukuki hakları UBAK'a aittir

Doğuhan
Tanıtım – Matbaa – Yayıncılık
Büyük San. 1. Cad. 103/6-7
İskitler / Ankara
Tel. 03123846334

Web: www.ubak-symposium.org
E-mail: ubakkongresi@gmail.com

Yalova – 2019

KURULLAR

Prof. Dr. Elif Yüksel OKTAY, Yalova Üniversitesi, Türkiye

DÜZENLEME KURULU

Dr. Öğr. Üyesi Sibel AKOVA, Yalova Üniversitesi
Doç. Dr. Sibel AKYOL, İstanbul Cerrahpaşa Üniversitesi
Doç. Dr. Dimitar ATANNASOV, Sofya Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Füsün Çoban DÖŞKAYA, Dokuz Eylül Üniversitesi
Doç. Dr. Muharrem ES, Yalova Üniversitesi
Prof. Dr. Amira Turbic HADZAGIĆ, Tuzla Üniversitesi, Bosna Hersek
Doç. Dr. Emel İSLAMOĞLU, Sakarya Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ersan KAVI, Yalova Üniversitesi
Prof. Dr. Süleyman KIZILTOPRAK, Yalova Üniversitesi
Arş. Görv. Dr. Esra KİRİK, Sakarya Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Selçuk SEÇKİN, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi
Doç. Dr. İbrahim SERBESTOĞLU, Amasya Üniversitesi
Prof. Dr. Redzep SKRİJEL, Novi Pazar Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali UĞUR, Yalova Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Yasemin ULUTÜRK, Sağlık Bilimleri Üniversitesi

BİLİM KURULU

Prof. Dr. Ali Rıza ABAY, Yalova Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ali AĞAÇFİDAN, İstanbul Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Cihangir AKIN, Yalova Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Türkan Bayer ALTIN, Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi Zuhra ALTYMYSHOVA, Kırgız. – Türk. Manas Üniversitesi, Bişkek
Prof. Dr. Dilek Sema ARICI, Bezmialem Vakıf Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Numan ARUÇ, Makedonya Bilim ve Sanatlar Akademisi
Prof. Dr. Lütviyye ASGERZADE, Milli Bilimler Akademisi, Azerbaycan
Prof. Dr. Yasemin AVCI, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Sabina Bakšić, Saraybosna Üniversitesi, Bosna-Hersek
Prof. Dr. Ebru BALLI, Mersin Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Handan Asude BAŞAL, Uludağ Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Bahri BAYRAM, Gümüşhane Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Süleyman BERK, Yalova Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Leyla BİTİŞ, Marmara Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Leyla BLİLİ, Manuba Üniversitesi-Tunus
Prof. Dr. Rafet BOZDOĞAN, Yalova Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Ebru BOZPOLAT, Cumhuriyet Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Mehmet CANBULAT, Akdeniz Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Ebru CEYLAN, İstanbul Aydın Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ayşe Tansel ÇETİN, Yalova Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Nurten ÇETİN, Trakya Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Nihada DELİBEGOVIĆ DŽANIĆ, Tuzla Üniversitesi, Bosna-Hersek
Prof. Dr. Mustafa DENKTAŞ, Akdeniz Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. İgor DESPOT, Zagreb Üniversitesi, Hırvatistan
Prof. Dr. Mesut DOĞAN, İstanbul Üniversitesi, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi Füsun Ç. DÖŞKAYA, Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Recep Hayri EREN, Yalova Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. İlhan EKİNCİ, Ordu Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Mustafa ERTÜRK, Akdeniz Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Hasan GENÇ, Yüzüncüyıl Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Mehmet Gökhan GENEL, Yalova Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Feyzan Vural GÖKHAN, Niğde Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Zafer GÖLEN, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi. Emete GÖZÜGÜZELLİ, Bahçeşehir Kıbrıs Üniversitesi, KKTC
Prof. Dr. Metin IŞIK, Yalova Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Nevin GÜRBÜZ, İnönü Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Esmâ İĞÜS, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Aleksandr KADIJEVIĆ, University of Belgrade, Serbia
Doç. Dr. Beyhan KANTER, Mardin Artuklu Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Behset KARACA, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Mehmet KARAKAŞ, Yalova Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ersin KAVİ, Yalova Üniversitesi, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi Fethi KAYALAR, Erzincan Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. M. Ayfer KAYNER, İstanbul Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Şengül KOCAMAN, Dicle Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Bünyamin KOCAOĞLU, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Emina BERBIĆ KOLAR, Osijek Üniversitesi, Hırvatistan
Prof. Dr. Nimet Haşıl KORKMAZ, Uludağ Üniversitesi, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi Telli KORKMAZ, Nevşehir Hacıbektaş Veli Üniversitesi, Türkiye

Doç. Dr. Ahmet KÖÇ, Akdeniz Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Osman KÖSE, Polis Akademisi, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi Yavuz KÜÇÜKALKAN, Yalova Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Sevinç Sakarya MADEN, Trakya Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Recep MAKAS, Yalova Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Duken MASİMKHANOLİ, Eurasian National University, Kazakistan
Prof. Dr. Gülçin METE, Mersin Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Leyla MURATHAN, Ankara Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Kujtim NURO, Toronto/Kanada
Prof. Dr. Ahmet ÖGKE, Akdeniz Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Mustafa ÖKSÜZ, Yalova Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Yıldırım ÖZBEK, Akdeniz Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Selami ÖZCAN, Yalova Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Erol ÖZTÜRK, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Mustafa ÖZTÜRK, İzmir Demokrasi Üniversitesi, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi Serkan ÖZTÜRK, Yalova Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Sacide PEHLİVAN, İstanbul Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. İbrahim SADAVİ, Tunus Üniversitesi-Tunus
Doç. Dr. Ferhat SAYIM, Yalova Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Mustafa Bekir SELÇUK, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Redžep ŠKRIJELJ, Novi Pazar Devlet Üniversitesi, Sırbistan
Prof. Dr. Pınar SOMAKÇI, İstanbul Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Musa ŞAHİN, Yalova Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Hacı Yunus TAŞ, Yalova Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Türkmen TÖRELİ, Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Pınar ÜLGEN, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Mehmet Ali ÜNAL, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Viladan VİRİYEVIĆ, Kosovska Mitrovića University, Serbia
Doç. Dr. Sinem YILDIRIMALP, Sakarya Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Nadia YASEEN, Bagdad University, Irak
Prof. Dr. Şenay YÜRÜR, Yalova Üniversitesi, Türkiye

SEKRETERYA

Arş. Görv. Dr. Esra KİRİK, Sakarya Üniversitesi
Arş. Gör. Esranur KAZAR, Yalova Üniversitesi
Esra TÜRE, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Arş. Görv. Kutluğ Kağan KARAHAN, Yalova Üniversitesi

Yabancı Ülkeden Katılımcılar

Riad MERİEM - Centre Universitaire Morsli Abdellah / Algeria
Akhenak ATMANE - Centre Universitaire Ahmed Zabana / Algeria
Prof. Dr. B. Ben-NİSSAN - University of Technology, Sydney / Australia
Dr. Pınar AKARÇAY - Uppsala University / Sweden
Dr. Mehmet Akif DUMAN - Turkic and Circum-Baltic Studies of Johannes
Gutenberg University Mainz- Germany
Işıl Akalan GÜNDÜZ - Leicester University / England
Aynura MUSTAFAYEVA - Azerbaycan Milli Bilimler Akademisi
Selime MEMMEDOVA - Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi
Dr. Zemfira ABBASOVA - Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi
Prof. dr. Gilara BALAYEVA - Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi
Arş. Gör. Elvam-n CAFEROV - Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi
Öğr. Görv. Aynure ALİYEVA - Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi,
Dr. Ahmet KILINÇ - PH Schwäbisch Gmünd Deutschland / Germany
Prof. Dr. Amira Turbić-Hadžagić – Tuzla University / Bosnia and Herzegovina
Prof. Dr. Hugo VANKELECOM - KU Leuven Belgium
Dr. Zeynep Esra Abay ÇELİK – University of Vienna / Austrian
Farhad Mikayilov - Azerbaijan State University of Economics

İçindekiler

Önsöz.....	13
A – Enerji / Hava Kalitesi / Çevre Kirliliği	15
Senar AYDIN / Muhammed ULVİ / Mehmet Emin AYDIN / Arzu ULVİ - Mikroplastikler ve Çevresel Etkileri	17
Ahmet KOÇ - Yalova Kent Merkezinin Biyo-Klimatik Kon- for Yönüyle Değerlendirilmesi.....	27
A. Beril TUĞRUL - Enerji Talebinin Zaman Bağımlılığı ve Enerji Politikalarının Oluşturulmasındaki Önemi	33
Serhat AYAS - Water-Yield Relationships in Deficit Irrigated Pea in Greenhouse Condition	45
Göksel KAYA - Ordu İlinde Karayolu Trafikinden Kaynakla- nan Emisyon Envanterinin Belirlenmesi.....	67
Mehmet Emin AYDIN / Canan SOĞUKPINAR / Senar AYDIN / Arzu ULVİ - Metal Kaplama Atıksuları ve Arıtımı.....	85
Mehmet SANDALCI - Sapanca Gölünde Buharlaşmanın Trend Analizi.....	97
Ömer Ahmet ÖZTÜRK / İbrahim GÜNEŞ - Sahratipi Has- tanelerde Enerji İhtiyacının Güneş Enerjisi İle Karşılanması	103
Saadet ÖZKAT / Ali Osman KURUŞCU - Deprem Bölgele- rinde Yapılacak Yığma Yapıların Tasarımı Hakkında 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Karşılaştırılması	117
Selçuk SELİMLİ / Mehmet ÖZKAYMAK / Çağıl Yaman KOYMATÇIK - Investigation of the Combustibility Potential of Industrial Waste Sludge	131

Gizem KULAKLI / M Furkan İLASLAN / Ömer AKGÜN / T. Çetin AKINCI - Çok Çözünürlüklü Dalgacık Analizi İle İstanbul Rüzgar Hızı -Analizi	137
B – Mühendislik Uygulamaları	149
Ali Rıza YILMAZ / Burcu ERKMEN - Empedans Kaynaklı İnverterler İçin Çok Seviyeli Pıd Kontrolör Tasarımı	151
Canan ONAÇ - Multi Walled Carbon Nanotüp Katkılı Polimerik Membranla Sipermetrinin Taşınımı	159
Birhat SÖNMEZAY / Erhan AY / Sevda Telli ÇETİN / Ali DURMUŞ - Bir Binek Araç Far Gövdesinin Doğal Frekans Taramasında Fourier Dönüşüm Parametrelerinin Belirlenmesi	169
Gür Emre GÜRAKSIN / Nurgül Özmen SÜRME / İsmail KAYADİBİ / Uçman ERGÜN - Göz Kırpma Sayısı Tabanlı Uyarı Sistemi ile Göz Yorgunluğu Belirtilerinin Azaltılması	179
Hilal ÇAVUŞ / Müge GİDİŞ - DNA Hasarı ve Genotoksisite Testleri	191
Onur ARSLAN - Temas Mekanığı Problemlerinin Sonlu Elemanlar Çözümlerinde Temas Kuvveti ve Temas Uzunluğu İlişkileri	205
Hüsamettin UYSAL / Herman SEDEF / Hüzeyin Özgür KAZANCI - Beyin Tümörü Tespiti İçin Diffüz Optik Tomografi Sisteminin Geliştirilmesi	211
Mehmet ÇAKMAKKAYA / Mehmet KUNT - Aks Körüğü'nün Mekaniksel Özelliklerinin Araştırılması	221
Mehmet ÇAKMAKKAYA / Ö. Zafer ÖZÜAK / Murat ARSLAN - Mag Kaynaklı Tırıp Çeliğinin Mekanik Özelliklerinin Araştırılması	229
Muhammed Enes BAYRAKDAR - Karasal Algılayıcı Ağlarda Farklı Ortam Koşulları için Kural Tabanlı İletişim Karar Mekanizması	243
Muhammet Muaz YALÇIN / Kenan GENEL - Farklı Dizilime Sahip PVC Köpük Takviyeli 6063-T5 Al Tüplerin Enerji Absorbe Etme Kabiliyetinin İncelenmesi	253

Nur Banu ÖZBALTA / İbrahim Başak DAĞGÜLÜ - İşlevini Tamamlamış Sanayi Yapılarının Peyzaj Planlamayla Yeniden İşlevlendirilmesi ve Yakın Çevreyle İlişkileri.....	263
Özcan KÖYSÜREN / H. Nagehan KÖYSÜREN - Polianilin ile Titanyum Dioksit Fotokatalizörün Fotokatalitik Performansının Arttırılması.....	277
Pelin ALTINIŞIK - Klasik ve Bulanık Görüntü İyileştirme Yöntemlerini Birlikte Kullanarak Görüntüdeki Karşıtlığı Arttırmak.....	289
F. Saba KOÇKAN / Bülent BOLAT - Ekg Sinyalleri Kullanılarak Kimlik Doğrulama.....	299
Sinem UYSAL / Hüsmettin UYSAL / Umut Ergin AYTEN - Diffüz Optik Tomografide Ters Problem ve Genetik Algoritma ile Regülerizasyon Parametresi Seçimi.....	307
Uçman ERGÜN / Şükrü ÜNVER / Uğur FİDAN - İnsansız Kara Araçları İçin Düşük Maliyetli Navigasyon Sistemi.....	319
Vadullah EREN - Konjuge Linoleik Asit.....	327
Ayşe İpek ERGENE - Simülasyon Kuramı Bağlamında İç Mekan Tasarımında Simüle Edilmiş Lüks Konut Siteler.....	337
Muharrem Tunçay GENÇOĞLU - Harp Okullarında Siber Güvenlik Eğitimi Üzerine Öneriler	351
Cengiz AKAY / Yeşim AKYÜREKLİ / Elif UZAK / Adem TUNÇDAMAR - Design and Construction of Magnetic Nanoparticle Spectrometer.....	361
Bilge Yararel DOĞAN - Tasarımda Gelecek Teması ve Mobilyanın Bilikurgu Filmleri Üzerinden İncelenmesi.....	375
Ahmet KAYA – Necip ATAR – Mehmet Lütfi YOLA – Canan ONAC - Silver Nanoparticles Incorporated Polyoxometalate for Detection of Bisphenol A.....	387
Canan ONAC - Mehmet Lütfi YOLA - Necip ATAR – Ahmet KAYA –Diazinonun Moleküler Baskılı Polimerle Tayini	395
Salih KORUCU – Gürcan SAMTAŞ – Mini Ekskavatör Alt Şasi Tasarımının, Sonlu Elemanlar ve Yorulma Analizi ile Değerlendirilmesi.....	405

C – Bitkisel Üretim421

Harun KAMAN / Halil DEMİR - Aşılı Sebze Üretiminde Sulama ve Patlıcan Yetiştiriciliği423

Harun KAMAN - Bitkisel Üretimde Sulamanın Önemi429

Kevser Karagöz SEZER - Farklı Organik Madde Kaynaklarının (Yarasa ve Çiftlik Gübresi) Toprakların İnfiltrasyon Hızı ve Agregat Stabilitesi Üzerine Etkisi435

Erkan KAYA / Duran KATAR - Kütahya - Altıntaş Koşullarında Farklı Ekim Normları ve Zamanlarının Karabuğday (Fagopyrum Esculentum Moench)'da Verim ve Bazı Verim Unsurları Üzerine Etkisi449

Seda Usta GEZER / Serap SAĞLAM - The Effect of Epibrassinolide on Seed Germination And Seedling Growth in Radish (Raphanus Sativus L.).....467

Zayde AYVAZ / Mehmet ERDAĞ - Su Ürünlerinde Kalite İndeks Metot (Kim)'u485

Alper KOYUTÜRK / Ayşenur Aslan FİDAN / Saadet Arzu BERİLGİN – Geleneksel Yapıların Toprak Damaları Olarak Kullanılan Sıkıştırılmış Zeminlerin Hidrolik İletkenliğine Mineral Katkıların Etkisi493

Ayten Erol GÖRÜR - Toprak Erozyonun Tarihi499

Arda SÖZCÜ – Aydın İPEK - Etlik Piliçlerde Cıvciv Döneminde Düşük Büyütme Sıcaklığının Dönem Sonu Canlı Ağırlık, Karaciğer Enzim Düzeyleri ve Ascites Duyarlılığı Üzerine Etkisi.....509

Behçet İNAL – Ayşe ASLAN - Periyodisite Gösteren Siirt Fıstığında (Pistaciaveral.) Çözünebilir Şekerlerin Analiz Edilmesi519

D – Tekstil Sektörü Uygulamaları529

Gizem MANASOĞLU / Mehmet KANIK - Alüminyum ve Bakır Tozları ile Kaplanmış Kumaşların Solar Özelliklerinin İncelenmesi.....531

Mine AKGÜN / Selin KESGİN / Harun SERİNÇAY - Auxetic Malzemelerin Yapısal Özellikleri, Auxetic Tekstiller ve Uygulama Alanlarının Değerlendirilmesi	537
İdil YİĞİT / Semiha EREN / Hüseyin Aksel EREN - Ozon Gazı İle Renk Sökme.....	555
Merve KAYA – Ünal ÇAMDALI - Solar Assisted Absorption Cooling System Thermoeconomic Analysis and Evaluation.....	563
Mine AKGÜN / Harun SERİNÇAY / Selin KESKİN - Investigation of the Design Parameters of Auxetic Yarns Used in the Production of Auxetic Woven Fabrics	577
Sema BİLİCİ / Fuat KOSANOĞLU - Değer Akış Haritalama Yöntemi Kullanılarak Tekstil Sektöründe Yalın Üretim Uygulaması.....	589
Semiha EREN / Hande ÖZCAN / İdil YİĞİT / Ozan AVİNÇ / Hüseyin Aksel EREN - Waterless Dyeing of Polyester	599
Seren DURAN / Serpil Koral KOÇ - Hava-Jetli Tekstüre İşleminde Mekanik Germe Oranının Polietilen Tereftalat (Pet) İplik Özellikleri Üzerine Etkisi	607
Muhammet Muaz YALÇIN / Kenan GENEL- Cam ve Karbon Elyaf Takviyeli 6063-T5 Al Tüpün Enerji Absorbe Etme Kabiliyetinin ve Deformasyon Davranışı Deneysel İncelenmesi	617
Hande UFAT- Binalarda Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi ve Geri Ödeme Süreleri: Marmara Bölgesi Örneği.....	629

ÖNSÖZ

4. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi (UBAK) Yalova Üniversitesi iş birliği ile organize edilmiş ve birçok kurum ve kuruluştan katılımcıların katkısıyla 14-17 Şubat 2019 tarihlerinde Yalova'da gerçekleştirilmiştir. Kongrede farklı disiplinlerden bilim adamlarının ve ilgili sektör üyelerinin bir araya gelmesi sağlanmış, bilimsel araştırmaların tartışıldığı ve paylaşımların yapıldığı bilimsel bir platform oluşturulmuştur. Bildiri tam metinlerin basıldığı kongrenin bu bölümünde Enerji/Hava Kalitesi/ evre Kirliliği, Mühendislik Uygulamaları, Bitkisel Üretim ve Tekstil Sektörü Uygulamaları Başlıkları altında sunumları gerçekleştirilen çalışmalar verilmiştir. Kongrede sözlü veya poster bildiri sunarak, ya da dinleyici sıfatıyla destek veren tüm değerli katılımcılara kongre düzenleme kurulu adına teşekkür eder, mühendislik temel alanında sunulan bildirilerin tüm araştırcılara faydalı olması dileğiyle saygılarımı sunarım.

Prof. Dr. Senar AYDIN

**A- ENERJİ / HAVA KALİTESİ
/ ÇEVRE KİRLİLİĞİ**

MİKROPLASTİKLER VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

Prof. Dr. Senar AYDIN

Necmettin Erbakan Üniversitesi

Muhammed ULVİ

Necmettin Erbakan Üniversitesi

Mehmet Emin AYDIN

Necmettin Erbakan Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Arzu ULVİ

Necmettin Erbakan Üniversitesi

Özet: Plastik kirliliğinin küresel çevreyi değiştirdiği ve yaban hayatı üzerine olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir. Son on yıldır, potansiyel zararlı etkileri sebebiyle küçük boyuttaki plastikler üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır. Boyutu 5 mm'den daha küçük plastik partikülleri mikroplastik olarak adlandırılmaktadır. Mikroplastikler hem karasal hem de sucul ekosistemlerde bulunmaktadır. Mikroplastikler su ortamına su tarımı, balıkçılık, turizm, endüstriyel ve evsel atıksu sistemleri gibi insan faaliyetleri sonucu ulaşırlar. Direk küçük boyutlarda çevresel ortamlara salınabilecekleri gibi doğaya atılan büyük plastiklerin zamanla parçalanmasıyla da oluşabilirler. Yapılan bazı çalışmalarda mikroplastiklerin derin denizlerde, sedimentlerde, yüzeysel sularda, kutup bölgelerinde ve okyanuslarda tespit edildiği görülmüştür. İsviçre'de bir nehirde $3.9 \cdot 10^6$ partikül/km², Çin'de bir su barajında $1.36 \cdot 10^7$ partikül/km², göllerde $8.9 \cdot 10^3$ partikül/m³, Kanada'da göllerde $7.48 \cdot 10^5$ partikül/km², Brezilya'da haliçte 0.19 partikül/m³, Almanya'da atıksu arıtma tesisi çıkışında $9 \cdot 10^4$ partikül/m³, kutuplarda 0.34 partikül/m³ konsantrasyonlarında mikroplastik tespit edilmiştir. Çevredeki plastikler kuşların, sürüngenlerin balıkların doğrudan zarar görmelerine sebep olurlar. Büyük plastik parçaları canlıların vücutlarına takılarak boğulmalarına sebep olabilir. Mikroplastikler de canlılar tarafından besin sanılarak yutulabilir, balıkların solungaçlarını tıkayabilirler. Mikroplastikler ile ilgili endişe onların polisiklik aromatik hidrokarbonlar, poliklorlu bifeniller, polibromlu difenil eterler gibi kalıcı organik kirleticileri ve metalleri emme ve biriktirme kabiliyetleri nedeniyle artmaktadır. Mikroplastikler bu kirleticilerin ekosistem içinde taşınmalarına ve canlıların vücutlarına girmelerine sebep olurlar. Mikroplastiklerin üreme üzerine etkisini araştırmak için yapılan bir çalışmada kopepodlardan Tigriopus japonicas ve Calanus helgolandicus türleri polistiren mikro boncuklara maruz bırakılmıştır ve çok

sayıda yumurta kesesinin gelişmediğine ve yumurtaların daha küçük olduğuna dair bulgular elde edilmiştir.

Anahtar kelime: Mikroplastik, çevre, sucul çevre, etki.

Abstract: It is known that plastic pollution changes the global environment and has a negative impact on wildlife. Over the last decade, studies on small size plastics have intensified due to potential harmful effects. Plastic particles smaller than 5 mm in size are called microplastic. Microplastics exist in both raw terrestrial and aquatic ecosystems. Microplastics reach the aquatic environment as a result of human activities such as water agriculture, fishing, tourism, industrial and domestic wastewater systems. Microplastics can be released to the environment in small dimensions, or they can be formed by breaking up large plastics which are thrown into the nature over time. In some studies, microplastics have been detected in deep seas, sediments, surface waters, polar regions and oceans. 3.9×10^6 particles / km² in a river in Switzerland, 1.36×10^7 particles/km² in a water dam in China, 8.9×10^3 particles/m³ in lakes in China, 7.48×10^5 particles/km² in lakes in Canada, 0.19 particles/m³ in the estuary in Brazil, 9×10^4 particles/m³ at the effluent of the wastewater treatment plant in Germany, and 0.34 particle/m³ concentrations at the poles were determined. The plastics cause direct damage to birds, reptiles and fish. Large plastic pieces can cause living things to drown in their bodies. Microplastics can be swallowed by living things as food, and they can clog fish gills. The concern with microplastics is increasing due to their ability to absorb and accumulate persistent organic pollutants such as polycyclic aromatic hydrocarbons, polychlorinated biphenyls, polybrominated diphenyl ethers and metals. Microplastics cause these pollutants to be transported in the ecosystem and they enter the body of living things. In a study to investigate the effect of microplastics on reproduction, the species of *Tigriopus japonicas* and *Calanus helgolandicus* were exposed to polystyrene microbeads and there was evidence that many egg sacs were not developed and eggs were smaller.

Key words: Microplastic, environment, aquatic environment, impact.

1. GİRİŞ

Plastiklerin mükemmel fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı dünya çapında kullanımları çok yaygındır. Plastiklerin üretim ve tüketimleri 2014 yılından beri yılda 300 tona ulaşmıştır. Fakat kullanılan plastiklerin %10'dan daha azı geri dönüştürülmektedir (Liu ve diğ., 2019). Plastiklerin üretimlerinin kolay ve maliyetlerinin az olmasından dolayı geri dönüşümlerine önem verilmektedir. Plastik atıklar için yetersiz atık yönetimi, uygun olmayan bertaraf yöntemleri sonucu plastiklerin çevreye salınımı gerçekleşmektedir. Çevredeki plastik kirliliğinin son zamanlarda

negatif etkilerini göstermesiyle birlikte bu konuda yapılan araştırmalar ve alınan önlemler artmaya başlamıştır.

Plastikler poşetler, tabaklar, çantalar gibi büyük malzemeler olarak üretilebildikleri gibi, temizleyiciler, pelletler gibi küçük boyutlarda da üretilebilirler. Doğadaki büyük plastiklerin parçalanması ve küçük boyuttaki plastiklerin çevreye salınmasıyla çevresel ortamlarda mikroplastik kirliliği oluşur. Boyutu 5 mm'den küçük olan mikroplastikler çevresel ortamlarda çok kolay yayılırlar, parçalanmaya karşı dayanıklıdırlar (Jiang, 2018; Andrady, 2015). Mikroplastiklerin birincil kaynakları endüstriyel kozmetik ve kişisel bakım ürünleri içerisindeki küçük plastikler, ikincil kaynakları ise çevreye atılan büyük plastik çöplerin zamanla parçalanmasıdır (Guzzetti ve diğ., 2018). Mikroplastikler küçük boyutlarından dolayı tanımlanması zor, canlıların vücutlarına girmesi kolay kirleticilerdir. Yapılan çalışmalarda mikroplastikler çevresel ortamlarda, gıda ürünlerinde, bazı canlıların vücutlarında tespit edilmiştir ve canlılar üzerindeki etkisi kanıtlanmıştır.

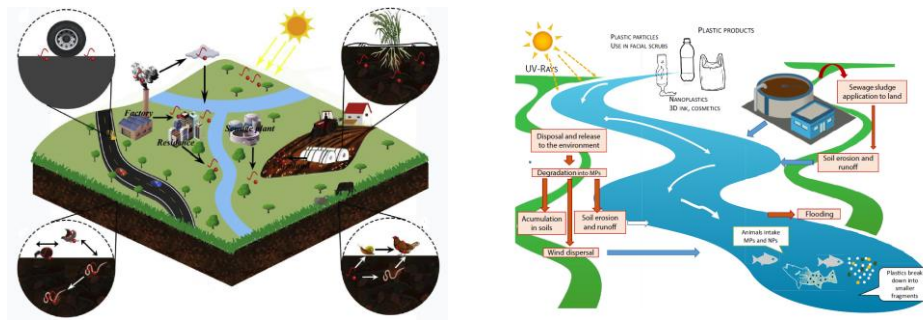
2. MİKROPLASTİKLERİN ÇEVRESEL ORTAMLARDAKİ VARLIğI VE AKİBETLERİ

Mikroplastikler çevresel ortamlara başlıca insan faaliyetleri sonucu girerler. Onların fiziko kimyasal özellikleri ve çevre şartları taşınımını etkiler (Guzzetti ve diğ., 2018). Mikroplastikler ekosistemde homojen olarak bulunan kirleticiler değildirler. Mikroplastikler karasal ekosistemlerde ve sucul ekosistemlerde tespit edilmiştir. Son zamanlarda yapılan araştırmalar da sucul ekosistemdeki mikroplastik kirliliğine yoğunlaşmıştır. Fakat mikroplastikler sulara büyük oranda karasal kullanımlar sonucu ulaşmaktadır. Karasal ekosistem içinde mikroplastikler öncelikli kirleticilerdendir (He ve diğ., 2018). Toprağa giren mikroplastikler toprak bünyesinde depolanabilir, erozyonla yer değiştirebilir, çevresel faktörler ile bozunabilir, yeraltı sularına sızabilir. Toprakta yaşayan canlılarda mikroplastikleri vücutlarına alabilirler. Köstebek, sincap gibi canlıların hareketi sayesinde de mikroplastikler yer değiştirebilir (Rillig ve diğ., 2017; Hurley ve Nizzetto, 2018). Üst toprak katmanı direk UV maruziyeti, oksijen bolluğu ve nispeten yüksek sıcaklıklardan dolayı mikroplastiklerin bozunduğu bir ortamdır. Toprak biyotası ve karasal organizmalarda plastiklerin bozunmasını hızlandırır. Tarımsal faaliyetlerde büyük plastiklerin parçalanmasına sebep olabilir. Bütün bunlara rağmen toprakta plastiklerin bozunması çok uzun sürebilir. Örneğin topraktaki polietilen 800 gün sonra yalnızca %0.1-0.4 oranında polipropilen bir yıllık süre sonunda%0.4 ağırlık kaybına uğramıştır. Polivinil klorür ise 35 yıl boyunca parçalanmadan kalmıştır (Ali ve diğ., 2014; He ve diğ., 2018). Yapılan bazı çalışmalarda toprakta mikroplastiklerin varlığı tespit edilmiştir. Örneğin, Scheurer

ve Bigalke (2018) İsviçre’de toprakta mikroplastik içeriğini 55.5 mg/kg, Zhou ve diğ., (2018) Çin’de toprakta mikroplastik içeriğini 1.3-14712 partikül/kg olarak bulmuşlardır. Küresel sulardaki kirliliğin %92’sini plastik çöplüğü oluşturmaktadır.

Çevreye atılan büyük plastiklerin sulara ulaşması ve kanalizasyona deşarj edilen küçük plastiklerin arıtılmadan sulara verilmesi sucul çevrelerde mikroplastik kirliliğini oluşturmaktadır. Sucul ortamlarda bulunan başlıca polimer tiplerinden polietilen 0.917-0.965 g/cm³, polipropilen 0.9-0.91 g/cm³, polistiren 1.04-1.1 g/cm³, polietilen tetrafitalat 1.37-1.45 g/cm³, polivinilklorid 1.16-1.58 g/cm³ yoğunluğuna sahiptirler (Hidalgo-Ruz ve diğ., 2012; Lithner ve diğ., 2011). Mikroplastiklerden yoğunluğu sudan büyük olanlar sedimentte birikim özelliği gösterebilir. Sulardaki mikroplastiklerden yüzeyde olanlar zamanla biyolojik kirlenmeye uğrayabilirler, diğer kirleticileri absorbe edebilirler ve yoğunlukları artış gösterip çökebilirler. Dibe çöken mikroplastikler suyun ve sucul canlılarının hareketleriyle tekrar tekrar su ortamına yükselip taşınabilirler. Yapılan çalışmalarda farklı su kaynaklarında mikroplastiklerin varlığı tespit edilmiştir, örneğin Wuhan gölünde 8.93*10³ MP/m³ (Wang ve diğ., 2017), Goiana halisinde 0.19 MP/m³ (Lima ve diğ., 2014), Ligurian denizinde (Fossi ve diğ., 2016) 0.31 MP/m³ konsantrasyonunda mikroplastikler tespit edilmiştir.

Şekil 1’de karasal ve sucul ekosistemlerdeki mikroplastiklerin kaynakları ve akıbeti verilmiştir.



a) Karasal ekosistem (He ve diğ., 2018) b) Sucul ekosistem (Thiel ve diğ., 2018)

Şekil 1. Mikroplastiklerin kaynakları ve akıbeti

3. MİKROPLASTİKLERİN DİĞER KİRLETİCİLER İLE ETKİLEŞİMİ

Mikroplastikler büyük plastik atıklardan daha büyük yüzey alanına sahiptirler (Lee ve diğ., 2014). Mikroplastikler çevresel ortamlardaki diğer kirleticilerin taşınımında büyük rol oynarlar. Bazı kalıcı organik kirleticiler mikroplastiklerin üzerine kolayca absorbe olabilirler. Mikroplastikler üzerindeki kimyasal sorpsiyonun kinetiği onların akıbetlerinin belirlenmesinde önemlidir. Mikroplastikler üzerindeki kimyasal sorpsiyon davranışları plastik tipine, rengine, kimyasal kompozisyonuna boyutuna bağlı olarak değişir (Wang ve diğ., 2018). Alimi ve diğ. (2017) renksiz mikroplastiklerin renklilere göre daha fazla PCB absorbe ettiğini rapor etmiştir. Pilot çalışmalar göstermiştir ki organik bileşiklerin plastıklara emilimi, doğal sediment ve topraklara göre en az iki kat daha fazladır (Mato ve diğ., 2001).

Tablo 1’de mikroplastikler üzerine absorplanan bazı kirletici konsantrasyonları verilmiştir.

Tablo 1. Bazı plastik türlerinde tespit edilen diğer kirleticilerin konsantrasyonu

Plastik tipi	Kirletici	Konsantrasyon	Kaynak
Fragments ve pellets	PCBs	491 ng/g(pellets) 243–418 ng/g (fragments)	Colabuono ve diğ., 2010
Pellets	PAHs	130–27.735 ng/g	Fisner ve diğ., 2013
Pellets	PAHs	737-39,763 ng/g (PE) 871–9252 ng /g(PP)	Fisner ve diğ., 2017
Pellets	Ağır metal	227780 ng/g(Fe) 45270 ng/g (Al)	Vedolin ve diğ., 2017

4. MİKROPLASTİKLERİN EKOTOKSİKOLOJİK ETKİLERİ

Mikroplastiklerin en önemli çevresel etkileri diğer kirleticileri absorplamaları ve canlılar tarafından yiyecek sanılarak tüketilmeleridir. Mikroplastiklerin maruz kalan organizmaların büyümesi, doğurganlığı ve hayatta kalması üzerine (hem fiziksel hem de kimyasal) önemli zararlı etkilere yol açtığı bilinmektedir (Au ve diğ., 2015; Chua ve diğ., 2014). Etkilerin savunmasız organizmalar veya yaşam alanlarındaki mikroplastiklerin varlığına daha duyarlı olan erken yaşam evrelerinde daha önemli olduğu gösterilmiştir. Mikroplastiklerle ilgili bazı toksisite çalışmalarında 0.4 µm

polistiren için EC₅₀ değeri 12.97 mg/L, polietilenimin 0.05 µm polistiren için EC₅₀ değeri 0.58 mg/L, 0.1 µm polistiren için EC₅₀ değeri 0.54 mg/L olarak belirlenmiştir (Casada ve diğ., 2013; Bergami ve diğ., 2017). Mikroplastiklerin varlığının algelerde klorofil içeriğinin ve fotosentez aktivitesinin azalmasına neden olduğu görülmüştür. Mikroplastikler ayrıca doğrudan fiziksel hasara, besinlerin tüketiminin azalmasına, ozmotik basıncın artmasına ve toksik kimyasalların salınmasına neden olabilir (Prata ve diğ., 2019).

Memelilerin vücuduna giren plastik parçacıkların boyutu >150 µm ise vücutta absorplanmaları beklenmezken, <150 µm ise lenflerde absorplanmaları, 100 µm eşit ise damarlarda absorplanmaları, ≤20 µm ise organlara ulaşmaları, ≤0.1 µm ise bütün organlara ulaşmaları, kan ve beyin arasında geçiş yapabilmeleri, plesentayı geçmeleri mümkün olabilir. Tablo 2’de laboratuvar çalışmalarında mikroplastikleri bünyelerine aldıkları tespit edilen organizmalar verilmiştir.

Tablo 2. Küçük plastik parçacıkları yuttuğu tespit edilen organizmalar (Aldray, 2011)

Ekosistem	Tür	Plastik boyutu	Kaynak
Echinodermata	<i>Holothuria fieldana</i> , <i>H. grisea</i> , <i>Cucumaria frondosa</i> , <i>Thyonella gemmata</i>	Mesoplastic	Graham ve Thompson 2009
Mollusca	<i>Mytilus edulis</i>	Microplastics	Browne ve diğ. 2008
Lug Worms	<i>Arenicola marina</i>	Microplastics	Voparil ve diğ., 2004 Teuten ve diğ., 2007

Birincil trofik seviyedeki canlılar tarafından alınan mikroplastikler besin zincirine aktarılabilirler. Balda, şekerde, tuzda, birada hatta içme sularında bile mikroplastikler tespit edilmiştir. Tablo 3’de farklı gıda ürünlerinde tespit edilen mikroplastik konsantrasyonları görülmektedir.

Tablo 3. Farklı gıda ürünlerinde tespit edilen mikroplastik konsantrasyonları

Numune	Konsantrasyon	Plastik tipi	Bölge	Kaynak
Bira	2–79 lif/L, 12–109 fragman/L, 2–66 granül/L	Lifler, fragmanlar, granüller	Almanya	Liebezeit ve Liebezeit 2014
Bira	0–14.3 partikül/L	Lifler, fragmanlar	ABD	Kosuth ve diğ., 2018
Tuz	550–681 partikül/ kg deniz tuzu 43-364 partikül/ kg göl tuzu 7–204 partikül/ kuyu tuzu	Lifler, fragmanlar, pelletler	Çin	Yang ve diğ.2015
Tuz	16–84 tane/kg deniz tuzu 8–102 tan/kg göl tuzu 9–16 tane/kg kaya tuzu	Lifler, fragmanlar, filmler	Türkiye	Gündoğdu, 2018
Bal	166 ± 147 lif/kg bal 9 ± 9 fragman/kg bal	Lifler, fragmanlar	Almanya, Fransa, İtalya, İspanya ve Meksika	Liebezeit ve Liebezeit, 2013
Musluk suyu şişe suyu	0-61 partikül/L	Lifler, fragmanlar, filmler	Küba, Ekvador, İngiltere, Fransa, Almanya, Hindistan, Endonezya, İrlanda, İtalya, Lübnan, Slovakya, İsviçre, Uganda, ABD	Kosuth ve diğ., 2018

5. SONUÇ

Ülkemizde mikroplastikler ile ilgili yapılmış çalışmalar oldukça azdır ve yasal bir sınırlandırma bulunmamaktadır. Bazı ülkelerde de birincil mikroplastik kullanımı sınırlamaya yönelik çalışmalar vardır. Örneğin, ABD Temmuz 2018’de mikroplastik ürünlerinin imalatını yasaklamış, 2019 yılında ise mikroplastik içeren ürünlerin satışını yasaklayacaktır. Yeni Zelanda ve İsviçre mikroplastik içeren kozmetik yıkama ürünlerini, Tayvan mikroplastik içeren saç ve yüz yıkama, banyo ürünlerini, Güney Kore mikroplastik içeren temizlik ürünleri ve diş temizleme ürünlerini yasaklamıştır. Ayrıca 2021 yılına kadar Avrupa Birliği’nde tek kullanımlık plastik ürünler yasaklanacaktır. Ülkemizde ise 2019 yılı itibari ile plastik poşet kullanımına sınırlama getirilmiştir. Genel olarak uluslararası eğilim, mikroplastik oluşumunu kontrol altına almaktır. Mikroplastikler ile ilgili daha fazla çalışma yapılması ve çevre sağlığı açısından gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Ali, M.I., Ahmed, S., Robson, G., Javed, I., Ali, N., Atiq, N., Hameed, A., (2014) “Hameed, Isolation and molecular characterization of polyvinyl chloride (PVC) plastic degrading fungal isolates” *Journal of Basic Microbiology* 54 (2014) 18-27.
- Alimi, O.S., Farner Budarz, J., Hernandez, L.M., Tufenkji, N., (2018) “Microplastics and nanoplastics in aquatic environments: aggregation, deposition, and enhanced contaminant transport” *Environmental Science & Technology* 52 (4), 1704-1724.
- Andrady, A.L., (2011) “Microplastics in the marine environment” *Marine Pollution Bulletin* 62, 1596-1605.
- Au, S.Y., Bruce, T.F., Bridges, W.C., Klaine, S.J., (2015) “Responses of *Hyalella azteca* to acute and chronic microplastic exposures” *Environmental Toxicology and Chemistry* 34, 2564-2572.
- Browne, M.A., Dissanayake, A., Galloway, T.S., Lowe, D.M., (2008) “Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis*” *Environmental Science & Technology* 42 (13), 5026-5031.
- Chua, E.M., Shimeta, J., Nugegoda, D., Morrison, P.D., Clarke, B.O., (2014) “Assimilation of polybrominated diphenyl ethers from microplastics by the marine amphipod, *Allorchestes compressa*” *Environmental Science & Technology*. 48, 8127-8134.
- Colabuono, F.I., Taniguchi, S., Montone, R.C., (2010) “Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in plastics ingested by seabirds” *Marine Pollution Bulletin* 60, 630-634.
- Fisner, M., Majer, A., Taniguchi, S., Bicego, M., Turra, A., Gorman, D., (2017) “Colour spectrum and resin-type determine the concentration and composition of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (HPAs) in plastic pellets” *Marine Pollution Bulletin* 122, 323-330.
- Fisner, M., Taniguchi, S., Moreira, F., Bicego, M.C., Turra, A., (2013) “Polycyclic aromatic hydrocarbons (HPAs) in plastic pellets: variability in the concentration and composition at different sediment depths in a sandy beach” *Marine Pollution Bulletin* 70 (1–2), 219-226.
- Fossi, M.C. Marsili, L. Bainsi, M. Giannetti, M. Coppola, D. Guerranti, C. Caliani, I. Minutoli, R. Lauriano, G. Finioia, M.G. Rubegni, F. Panigada, S. Berub, M. Urban Ramirez, J. Panti, C. (2016) “Fin whales and microplastics: the

- Mediterranean Sea and the sea of Cortez scenarios” *Environmental Pollution* 209 (2016) 68-78.
- Graham, E.R., Thompson, J.T., (2009) “Deposit- and suspension-feeding sea cucumbers (Echinodermata) ingest plastic fragments” *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 368 (1), 22-29.
- Guzzetti, E., Sureda, A., Tejada, S., Faggio, C., (2018) “Microplastic in marine organism: Environmental and toxicological effects” *Environmental Toxicology and Pharmacology* 64 164-171.
- Gündoğdu, S., (2018) “Contamination of table salts from Turkey with microplastics” *Food Additives & Contaminants: Part A: Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment. Foreword* 12, 1-9.
- He, D., Luo, Y., Lu, S., Liu, M., Song, Y., Lei, L., (2018) “Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks” *Trends in Analytical Chemistry* 109 163-172.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012) “Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification” *Environmental Science & Technology*, 46, 3060–3075.
- Hurley, R.R., Nizzetto, L., (2018) “Fate and occurrence of micro(nano)plastics in soils: knowledge gaps and possible risks” *Current Opinion in Environmental Science & Health* 1, 6-11.
- Jiang, J.-Q., (2018) “Occurrence of microplastics and its pollution in the environment: a review” *Sustainable Production and Consumption* 13, 16-23.
- Kosuth, M., Mason, S.A., Wattenberg, E.V., (2018) “Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt” *PLoS One* 13 (4), e0194970.
- Lee, H., Shim, W.J., Kwon, J.H., (2014) “Sorptions capacity of plastic debris for hydrophobic organic chemicals” *Science of the Total Environment* 470-471 (2), 1545-1552.
- Liebezeit, G., Liebezeit, E., (2013) “Non-pollen particulates in honey and sugar” *Food Additives & Contaminants: Part A: Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment. Foreword* 30 (12), 2136-2140.
- Liebezeit, G., Liebezeit, E., (2014) “Synthetic particles as contaminants in German beers” *Food Additives & Contaminants: Part A: Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment. Foreword* 31, 1574-1578.

- Lithner, D., Larsson, Å., & Dave, G. (2011) “Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition” *Science of the Total Environment*, 409, 3309–3324.
- Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C., Kaminuma, T. , (2001) “Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment” *Environmental Science & Technology* 35, 318-324.
- Rillig, M.C., Ziersch, L., Hempel, S., (2017) “Microplastic transport in soil by earthworms” *Scientific Reports* 7 1362.
- Scheurer, M., Bigalke, M., (2018) “Microplastics in Swiss floodplain soils” *Environmental Science & Technology* 52 3591-3598.
- Teuten, E.L., Rowland, S.J., Galloway, T.S., Thompson, R.C., (2007) “Potential for plastics to transport hydrophobic contaminants” *Environmental Science & Technology* 41 (22), 7759- 7764.
- Thiel, M., Luna-Jorquera, G., Álvarez-Varas, R., Gallardo, C., Hinojosa, I.A., Luna, N., Miranda-Urbina, D., Morales, N., Ory, N., Pacheco, A.S., Portflitt-Toro, M., Zavalaga, C., (2018) “Impacts of Marine Plastic Pollution From Continental Coasts to Subtropical Gyres—Fish, Seabirds, and Other Vertebrates in the SE Pacific” *Frontiers in Marine Science*
- Vedolin, M.C., Teophilo, C.Y.S., Turra, A., Figueira, R.C.L., (2017) “Spatial variability in the concentrations of metals in beached microplastics” *Marine Pollution Bulletin* 129 (2), 487-493.
- Voparil, I.M., Burgess, R.M., Mayer, L.M., Tien, R., Cantwell, M.G., Ryba, S.A., (2004) “Digestive bioavailability to a deposit feeder (*Arenicola marina*) of polycyclic aromatic hydrocarbons associated with anthropogenic particles” *Environmental Toxicology and Chemistry* 23, 2618-2626.
- Wang, F., Wong, C. S., Chen, D., Lu, X., Wang, F., Zeng, E.Y., (2018) “Interaction of toxic chemicals with microplastics: A critical review” *Water Research* 139 208-219.
- Yang, D., Shi, H., Li, L., Li, J., Jabeen, K., Kolandhasamy, P., (2015) “Microplastic pollution in table salts from China” *Environmental Science & Technology* 49, 13622-13627.
- Zhou, Q., Zhang, H., Fu, C., Zhou, Y., Dai, Z., Li, Y., Tu, C., Luo, Y., (2018) “The distribution and morphology of microplastics in coastal soils adjacent to the Bohai Sea and the Yellow Sea” *Geoderma* 322 201-208.

YALOVA KENT MERKEZİNİN BİYO-KLİMATİK KONFOR YÖNÜYLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet KOÇ*
İğdır Üniversitesi

Özet: Kentsel alanlarda hüküm süren iklim özellikleri insanların dış mekânlarda geçirdikleri aktivitelerin tamamını etkilemektedir. İklim elamanları insanların dış mekânlarında geçirdikleri sosyal zaman yöre turizmini ve ekonomisini etkilemektedir. İklim elamanların bu denli etkili olmasının başından insanların biyoklimatik konforu gelmektedir. Biyoklimatik olarak konforlu olan koşulları objektif olarak belirleyen indekslerin oluşturulması yaklaşık 200 yıldır devam eden çalışmalardır. Bu çalışmalar sonucunda oldukça fazla sayıda fiziksel, fizyolojik ve matematiksel yaklaşımları içinde barındıran indeksler oluşturulmuştur. Aynı zamanda Bunun yanında bu indekslerin formüllerini çevresel faktörlerle ve insan özellikleriyle beraber değerlendiren bilgisayar modelleri de oluşturulmuştur. Bu çalışmada Yalova kent merkezine ait 2016-2017 yılları arasındaki Devlet Metroloji İstasyonları Genel Müdürlüğü'ne ait saatlik veriler elde edilerek biyoklimatik konfor hesaplamaları için tüm dünyada yaygın olarak kullanılan ve oldukça detaylı bir indeks olan PET (Physiological Equivalent Temperature) indeksi ve Raymanpro hesaplama modeli kullanılmıştır. Çıkan sonuçlara göre Yalova Kent merkezine ait bir yıllık periyotta insan için konforlu gün sayıları ve saat aralıkları belirlenmiş ve gerekli öneriler getirilmiştir.

Anahtar Kelime: Rayman, Biyoklimatik konfor, Yalova

Abstract: Climatic conditions in urban areas affect all the activities of people outside. Climate elements affect the social time-zone tourism and economy of people in their outdoor areas. The climate is so effective that people from the beginning of the people's bioclimatic comfort comes. The creation of indices that objectively determine the conditions that are bioclimatically comfortable is the work that has been going on for nearly 200 years. As a result of these studies, a large number of physical, physiological and mathematical approaches were formed. At the same time, computer models were used to evaluate the formulas of these indexes with environmental

factors and human characteristics. In this study, hourly data of General Directorate of State Metrology Stations belonging to Yalova city center between 2016-2017 were obtained and PET (Physiological Equivalent Temperature) index and Raymanpro calculation model which are widely used worldwide for bioclimatic comfort calculations were used. . According to the results, comfortable days and hour intervals were determined for the people in Yalova city center and necessary suggestions were made.

Key Words: Rayman, Bioclimatic comfort, Yalova

1. GİRİŞ

İklim insanların yaşamını etkileyen önemli bir faktördür. İklim faktörü insanların barınmasını, giyecek, içecek vb. temel ihtiyaçlarını önemli derecede etkilemektedir. İnsanların yeryüzünde dağılımlarını incelersek; günümüzde %50'den fazlası kentsel alanlarda barınmakta ve bu oranın 2030 yıllarda %60'a çıkacağı tahmin edilmektedir.(Mirzaei and Haghighat, 2010). Türkiyede 1950'li yıllarda nüfusun yaklaşık %50'si kırsal kesimden oluşurken günümüzde bu oran %23'e kadar düşmüştür.(Yılmaz, 2015). Kırsal alanlardaki nüfus yoğunluğunun düşmesi kentsel alanlarda nüfus yoğunluğunu artırmakta ve bu durum ise kentsel alanların yoğun baskı altında olmasına neden olmaktadır. Bu baskılardan kaynaklanan yapılaşmalar ve sert yapı yüzeyleri kent iklimini kırsal alana göre farklı kılmaktadır. Yüzey ve hava sıcaklığı bakımından daha sıcak olan kentsel alanlar insanların fiziksel aktivitelerini kısıtlamaktadır.(Toy and Yılmaz, 2010). İnsanın fiziksel aktivitelerini kolay şekilde yaptığı, en az enerji harcayarak çevresine uyum sağlayabildiği ve kendisini psikolojik olarak en rahat hissettiği sıcaklık aralığına biyoklimatik sıcaklık konfor aralığı denilmektedir.(refrigerating and engineers, 1992). Kentsel mekanlarda biyoklimatik konforu hava sıcaklığı, rüzgar ve atmosfer elemanları etkilemektedir.(Karakounos et al., 2018). Atmosferik elemanların termal bileşeni; hava sıcaklığı (Ta), hava nemi (buhar olarak ifade edilir) basınç [VP] veya bağıl nem [RH]), rüzgar hızı (v) ve ortalama radyan sıcaklığı içermektedir (Tmrt).(Matzarakis et al., 1999).

Bu çalışma, Yalova kent merkezini kapsamaktadır. Yalova kent merkezinde 1 yıllık saatlik iklim verileri değerlendirilerek, kent ikliminin insan termal konfora etkilerini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

2. MATERYAL ve METOT

2.1. Materyal

Çalışma alanının materyalini deniz seviyesinden yaklaşık 50 m olan ve 39.9191 enlemi ile 44.0442 boylamında olan Yalova Kent merkezi oluşturmaktadır.(Şekil 1) . Ayrıca çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Yalova Kent Merkezi'ne ait 2017-2018 yılları arasındaki 1 yıllık saatlik nem, sıcaklık, rüzgar hızı ve bulutluluk verileri kullanılmıştır.



Şekil.1 Çalışma alanının konumu

2.1. Metot

Biyoklimatik konfor şartlarını hesaplamak için bu çalışmada PET (Physiological Equivalent Temperature; Höppe 1993; 1999 ve Matzarakis 1999) indeksi kullanılmıştır. Bu indekse göre insan için PET aralıkları aşağıdaki tabloda belirtilmiştir. (Tablo 1)

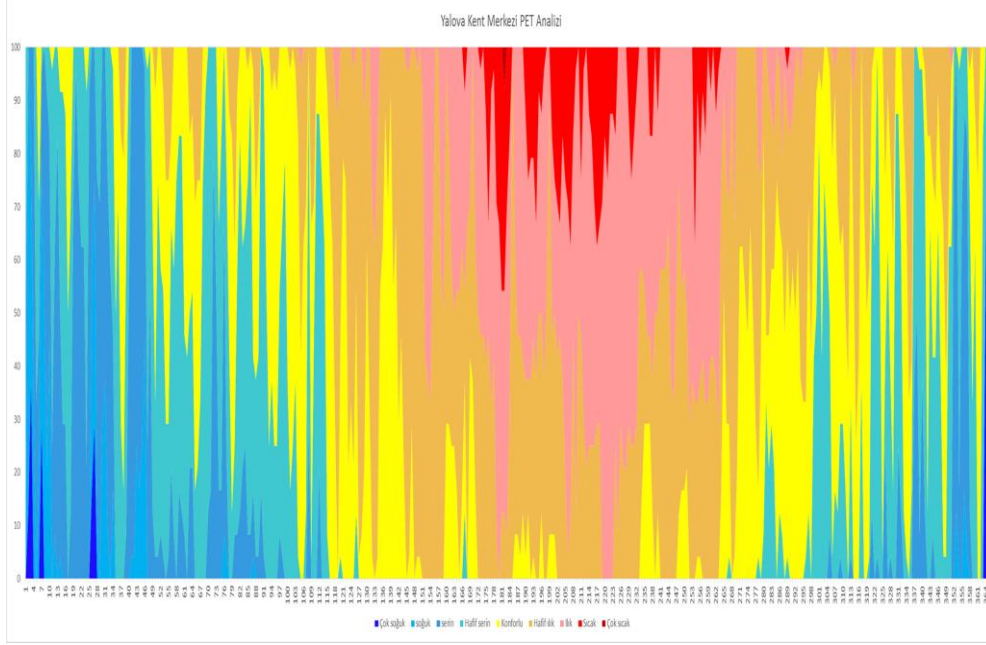
Tablo 1. PET indeksinin termal his ve stres seviyeleri(Hoppe, 1999; Matzarakis and Mayer, 1996; Matzarakis et al., 1999)

PET (°C)	İnsan Sıcaklık Hissi	Termal Stres Seviyesi
<4	Çok soğuk	Aşırı soğuk stresi
4,1-8	Soğuk	Güçlü soğuk stresi
8,1-13	Serin	Orta soğuk stresi
13,1-18	Hafif serin	Hafif soğuk stres
18,1-23	Konforlu	Termal stres yok
23,1-29	Hafif ılık	Hafif sıcaklık stresi
29,1-35	Ilık	Orta sıcaklık stresi
35,1-41	Sıcak	Güçlü sıcaklık stresi
>41	Çok sıcak	Aşırı sıcaklık stresi

PET indeksine ait bütün hesaplamalar, son zamanlarda yoğun bir kullanıma sahip olan radyasyon ve biyoklima modeli olan RayMan 1.2 programıyla yapılmıştır.(Matzarakis and Rutz, 2005; Matzarakis et al., 2000)

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yalova Kent merkezi coğrafi konumu ve diğer faktörlerden dolayı Yalova İli'nin iklimi, Makro-klima tipi olarak, Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında bir geçiş niteliği taşımaktadır. Özellikle yaz aylarında ortaya çıkan aşırı sıcaklarla birlikte nem insanların fiziksel aktivitelerini ve yaşam standartlarını sınırlamaktadır. Yaz aylarında sıcaklıkların ve nemin bu denli fazla olmasını biyo-klimatik konfor analizlerinde doğrudan etki etmekte ve insanların sağlıklı bir şekilde rekreasyonel faaliyetlerini kısıtlamaktadır. Kısıtlanan bu durumlar insanların fiziksel çevre ile olana temasını azaltmakta ve bu durum ise ekonomik ve turizm yönünden kent bazında olumsuz etkiler oluşturmaz. Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan bir yıllık saatlik verilere göre Yalova Kent Merkezinin biyoklimatik konfor analizi yapılmıştır. (Şekil.2).



Şekil.2 Yalova Kent Merkezine Ait PET Analizi

Yapılmış olan biyoklimatik konfor analizine göre Yalova Kent Merkezinin ortalama PET (Physiological Equivalent Temperature) değeri 21.9 °C olarak hesaplanmıştır. Bu durum ise Hope ve Matzarakis'in PET indeks tablosuna göre (Tablo 1) Yalova Kent Merkezinin insan yaşamı için genel itibariyle konforlu olduğu belirlenmiştir.

Detaylı bir inceleme yapacak olursak ;Yalova Kent Merkezi'nin kış aylarında (Aralık-Ocak-Şubat) 15.6°C PET (Physiological Equivalent Temperature) değeri ile hafif soğuk strese maruz kaldıkları görülmektedir. İlk bahar aylarında ise (Mart-Nisan-Mayıs) 20.1 °C PET (Physiological Equivalent Temperature) değeri ile konforlu olduğu ve insanların her gibi termal strese maruz kalmadığı görülmektedir. Yaz aylarında (Haziran-Temmuz-Ağustos) 29.8 °C PET (Physiological Equivalent Temperature) ortalaması ile orta derecede sıcaklık stresine maruz kaldığı, Sonbahar aylarında (Eylül-Ekim-Kasım) Yalova Kent Merkezi 23.4 °C PET (Physiological Equivalent Temperature) ortalaması ile insanların hafif derecede sıcaklık stresi yaşadığı görülmektedir. Aynı zamanda Yalova Kent Merkezi bulunduğu coğrafi konum ve iklim özellikleri bakımından yılın her günü mutlaka bir konfor değeri yakalamaktadır. Bu durum ise insanların fizikse açıdan yaşamlarını sürdürebileceği ender şehirlerden birisi olduğunun kanıtıdır.

KAYNAKLAR

- Hoppe, P., 1999, The physiological equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment, *International Journal of Biometeorology* 43(2):71-75.
- Karakounos, I., Dimoudi, A., Zoras, S., 2018, The influence of bioclimatic urban redevelopment on outdoor thermal comfort, *Energy and Buildings* 158:1266-1274.
- Matzarakis, A., Mayer, H., 1996, Another kind of environmental stress: thermal stress, *WHO newsletter* 18:7-10.
- Matzarakis, A., Mayer, H., Iziomon, M. G., 1999, Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature, *International Journal of Biometeorology* 43(2):76-84.
- Matzarakis, A., Rutz, F., 2005, Application of RayMan for tourism and climate investigations, *Annalen der Meteorologie* 41(2):631-636.
- Matzarakis, A., Rutz, F., Mayer, H., 2000, Estimation and calculation of the mean radiant temperature within urban structures, in: *Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millenium* (ed. by RJ de Dear, JD Kalma, TR Oke and A. Auliciems): Selected Papers from the Conference ICB-ICUC, pp. 273-278.
- Mayer, H., Holst, J., Dostal, P., Imbery, F., Schindler, D., 2008, Human thermal comfort in summer within an urban street canyon in Central Europe, *Meteorologische Zeitschrift* 17(3):241-250.
- Mirzaei, P. A., Haghghat, F., 2010, Approaches to study Urban Heat Island - Abilities and limitations, *Building and Environment* 45(10):2192-2201.
- refrigerating, A. s. o. h., engineers, a. c., 1992, *ASHRAE STANDARD: An American Standard: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, American Society of Heating refrigerationg and air conditioning engineers.
- Toy, S., Yılmaz, S., 2010, Peyzaj Tasarımında Biyoklimatik Konfor ve Yaşam Mekanları İçin Önemi, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 40(1):133-139.
- Yılmaz, M., 2015, Türkiye’de Kırsal Nüfusun Değişimi Ve İlere Göre Dağılımı (1980-2012), *Doğu Coğrafya Dergisi* 20(33):161-188.

ENERJİ TALEBİNİN ZAMAN BAĞIMLILIĞI VE ENERJİ POLİTİKALARININ OLUŞTURULMASINDAKİ ÖNEMİ

Prof.Dr. A. Beril TUĞRUL

İstanbul Teknik Üniversitesi

Özet: Bu çalışmada, ülkeler için günlük enerji talebi değişimi enerji politikalarında yadsınamaz önemi bulunan elektrik enerjisi bağlamında ele alınmakta ve zamansal değişimi incelenmektedir. Günlük talep eğrisinin incelenmesinin yanı sıra mevsimsel talep eğrisi de irdelenmektedir. Bu iki talep eğrisinin süperpoze edilmesi ve böylece maksimum enerji talebi tahminine ilişkin bilgi verilmektedir. Fazla olarak gelecek projeksiyonu için kalkınma planları ve ülke büyüme oranları çerçevesinde değerlendirmeye yer verilmektedir. Enerji politikalarının oluşturulmasında talep eğrilerinin önemi ve bu bağlamda gelecek projeksiyonu için rasyonel kriterler bağlamında enerji politikaları için yapılması gerekenler üzerinde durulmaktadır. Bunlardan ayrı olarak emre amade santrallerin üzerinde durularak, söz konusu bu santrallerin enerji politikaları içindeki yeri ve elektrik enerjisi bağlamında enerji talebinin karşılanmasındaki önemi vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Elektrik talebi, Enerji ekonomisi, Enerji santralleri, Günlük talep eğrisi, Mevsimsel talep eğrisi

Time Dependency of Energy Demand and Importance in the Constitution of the Energy Policy

Abstract: In this study, changing of the daily energy for the countries was taken up by electricity demand and variation of investigated in detailed. In addition of it, seasonal changing of energy demand examine also with the variations. Both demand curves made superposed and reaching the maximum energy demand value. Moreover, developing plans and demand rising rate for the country evaluated for constitution of the energy policy. It was noticed on the importance of energy demand curves in the energy policy in the point of view future projection by using rational criteria. Furthermore, importance of the availability for the power plants was evaluated by the point of the energy policies.

Key Words: Energy demand, Energy economics, Energy power plants, Daily demand curve, Seasonal demand curve

1. Giriş

Yaşadığımız çağda ülkelerin, sosyo-ekonomik olduğu kadar kültürel çevrelerini de yaratabilmeleri ve refah düzeylerini artırabilmeleri için giderek artan boyutlarda enerji gereksinimlerini karşılamaları gerekmektedir. Özellikle içinde bulunduğumuz bilgi çağında enerjiye duyulan ihtiyaç büyük bir artış trendi göstermektedir. Esas itibarıyla, nüfus, sanayileşme ve teknolojik gelişim ile artan enerji gereksinimini karşılamak halen dünyanın tüm ülkelerinin yadsınamaz sorununu oluşturmaktadır [1].

Öte yandan, elektrik enerjisinin kullanımı vazgeçilmezlik niteliği taşımaktadır. Zira dönüşümünün kolay olması ve kilometrelerce uzağa alternatif akım bağlamında iletilebilmesi elektrik enerjisinin kullanımını öne çıkarmaktadır. Bir başka deyişle, enerji politikalarının oluşturulmasında elektrik enerjisinin dolayısıyla da elektrik santrallerinin yeri ayrı bir öneme sahip bulunmaktadır. Bu bağlamda, ülkelerin elektrik üretimi ve elektrik tüketimi ile bunların kişi başı değerleri ülkelerin kıyaslanması ve değerlendirilmesinde indikatör parametre olarak düşünülmektedir.

Ülkeler için enerji politikaları oluşturulurken enerji talep tahmini yapmak özellikle de elektrik enerji talebini yapmak ayrı bir önem taşımaktadır. Zira elektrik santral yatırımları ve ilgili enerji planlamalarıyla enerji politikalarının oluşturulması gerekmektedir. Dolayısıyla, burada enerji talebinin zaman bağımlılığının bilinmesi bir zorunluluk olmaktadır.

Öte yandan “Enerji Talebi” ifadesiyle; gerçekleştirilmek istenen faaliyetlerin tümü için talep edilen enerji kast edilmektedir. Konuya yakın bir diğer kavram ise enerji tüketimidir. “Enerji Tüketimi” ile de yapılan faaliyetler için harcanan enerji ifade edilmek istenmektedir. Birbirine yakın kavramlar olan enerji talebi ve enerji tüketimi arasında gerçekte farklılık bulunmaktadır. Şöyle ki; ülkenin olanakları yeterliyse enerji talebi karşılanabilmekte, ancak ülke imkânları yeterli değilse çeşitli kısıtlar nedeniyle talep karşılanamamaktadır. Enerji talebi ve enerji tüketimi birbirine eşit ise; enerji politikaları bağlamında enerji planlaması uygun yapılmış ve enerji talebi karşılanabilmiş anlamına gelmektedir. Genellikle gelişmiş ülkelerde enerji talebi karşılanabilir olmakta ve enerji talebi ile enerji tüketimi eşitlenebilmektedir.

Gelişmekte olan veya az gelişmiş ülkelerde birçok kez enerji talebinin karşılanamayarak, karşılanabildiği kadarıyla enerji tüketimi gerçekleşiyor olmaktadır. Bir başka deyişle, enerji talebi olmasına karşın yeterince karşılanamıyor anlamına gelmektedir.

Bu çalışmada, geçmiş verilerin değerlendirmesinde talebin karşılanabildiği kabul edilmiş ve enerji tüketimi değerleri geçmişteki enerji talebini de temsil

edebileceği kabulü yapılmıştır. Ancak, gelecek projeksiyonu içinde enerji talebi ülke gelişim planlamaları çerçevesinde göz önüne alınarak olabilecek tüm talebin karşılanmasına yönelik enerji tüketiminin gerçekleşmesine ilişkin enerji politikalarının oluşturulması esasına dayanan bir irdeleme yapılması benimsenmiştir.

2. Elektrik Enerjisi Talebinin Zaman Bağımlılığı

Ülkeler için her zaman diliminde enerji talebi aynı olmayabilmektedir. Örneğin; günün her saatinde enerji talebi aynı olmamakta, çalışma saatleri olan mesai saatlerine göre ve /veya güneşin batmasıyla ilişkili olarak enerji talebi değişebilmektedir. Keza, mevsimsel olarak da enerji taleplerinde farklılıklar olabilmektedir. Bu bağlamda, elektrik enerjisi talebinin günlük ve mevsimsel değişimi üzerinde ayrı ayrı durmak yerinde olacaktır.

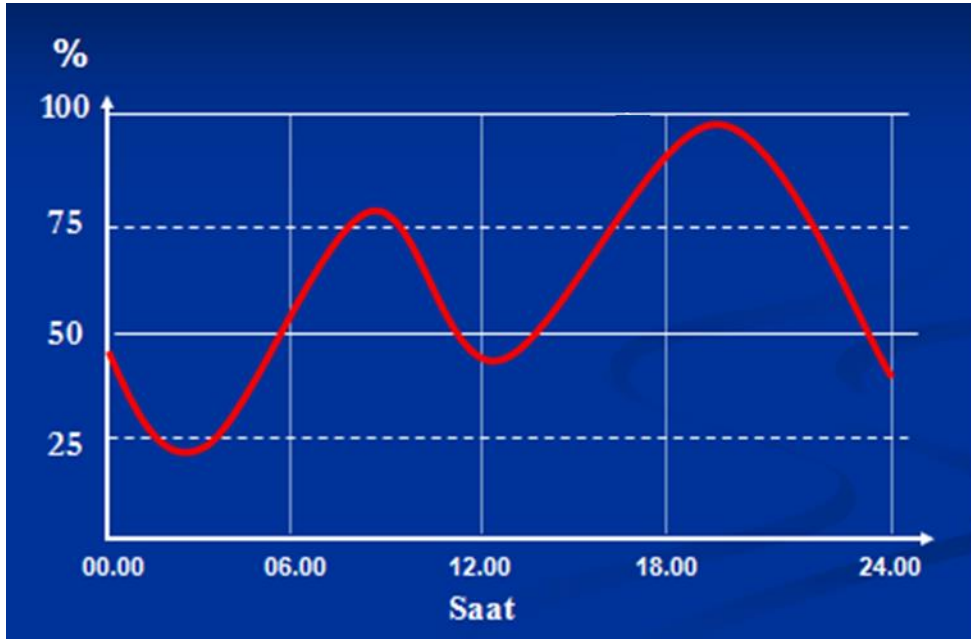
2.1. Elektrik Enerjisi Talebinin Günlük Değişimi

Elektrik enerji talebi ülkeden ülkeye hatta yerleşim yerlerine göre değişim gösterse de genel bir değişim eğrisinden bahsetmek mümkündür. Burada, ülkeden ülkeye enerji talebi değişimi derken; özellikle kışın gün ışığından az yararlanan, buna karşın yazın gün ışığından fazla yararlanan ülkeler (örneğin; Baltık ülkeleri) ifade edilmiş olmaktadır. Bununla beraber böylesi ülkelerde bile genel ortalama bir günlük talep eğrisinden yine de bahsedilebilir. Bu bağlamda burada, Türkiye'yi de kapsayan ve dünyada çok sayıda ülkeyi kapsayan ılıman iklim kuşağındaki bölgeler için elektrik enerji talep eğrisi değişimi üzerinde durulacaktır.

Elektrik enerji talebi incelemesi günün başlangıç noktası olarak kabul edilen Saat: 00.00 itibarıyla ele alındığında gece yarısı saat dilimindeki elektrik enerji talebinin düşüşte olduğu ve sabaha karşı Saat 03 sularına kadar bu düşüşün devam ettiği görülmektedir. Bir başka deyişle, Saat 03'e kadar, Saat: 00.00'a göre elektrik enerji talebi düşüşünün devam ettiği ve tüm günün en düşük elektrik enerji talebi değerine ulaştığı tespit edilmektedir.

Bu saatten itibaren ise tekrar bir yükseliş gözlenmekte ve sabah Saat: 06 civarında tekrar gece yarısı değeri civarında bir elektrik enerjisi talep değerine ulaştığı belirlenmektedir. Sabah saatlerinde söz konusu bu yükselme devam etmekte ve yaklaşık Saat: 10.00 civarında bir pik yapmaktadır. Bir başka deyişle, 06.00 saatlerinde başlayan artış trendi saat 10 civarına kadar sürmekte bu saatten itibaren bir düşüş göstererek bu düşüş öğle saatlerine kadar (yaklaşık Saat: 12 civarına kadar) süre gitmektedir. Bu düşüş genellikle sabah Saat 06 değeri mertebesine kadar olmaktadır.

Daha sonra tekrar bir artış trendi gözlenmekte ve bu artış, akşam Saat 17-19 zaman dilimine kadar sürmekte ve söz konusu olan bu saatlerde günün en önemli maksimal pikini oluşturmaktadır. Bu zaman diliminden sonra ise tekrar bir düşüş trendi başlamakta ve gece yarısında bir başka deyişle günün başlangıcındaki değerini almaktadır. Böylece de elektrik talebinin günlük değişim devinimi tamamlanmış olmaktadır. Şekil 1’de elektrik enerji talebinin günlük değişim eğrisi genel haliyle görülmektedir.



Şekil 1 Elektrik Enerji Talebinin Genel Günlük Değişim Eğrisi [2].

Şekil 1’deki ekstrem noktalarını ele alıp irdelediğimizde, günlük yaşamın genel karakteri ile yakından ilgili olduğu anlaşılmaktadır. Elektrik enerji talebinin günlük değişim eğrisinin ilk ekstremi günün başlangıcı olarak kabul edilen gece yarısından sonra sabaha karşı Saat 03 civarında bir minimum noktası olarak görülmektedir. Bu minimumun oluşmasının nedeni toplumun büyük bir bölümünün dinlenme ve uyku döneminde olması olup, üç vardiya çalışmayan sanayi kurumları ve diğer işletmelerin kapalı olması ve dolayısıyla da enerji tüketiminin olmamasından kaynaklanmaktadır.

Saat 10 civarındaki ikinci ekstrem bir maksimal pik olup, toplumun aktif yaşam içinde olduğu, sanayi kurumlarının ve diğer işletmelerin de aktif olduğu

dönemin gereksinimi olan elektrik enerjisi talebini temsil ediyor olmaktadır. Bir başka deyişle, günlük yaşamın sabah saatlerinden itibaren canlanması ile elektrik enerjisi talebi artmakta ve elektrik enerjisi tüketimi de pik yapmaktadır. Söz konusu saat diliminden sonra çeşitli aktivitelere öğle tatili nedeniyle ara verilmesi nedeniyle de Saat 12 civarında ikinci minimum oluşmaktadır.

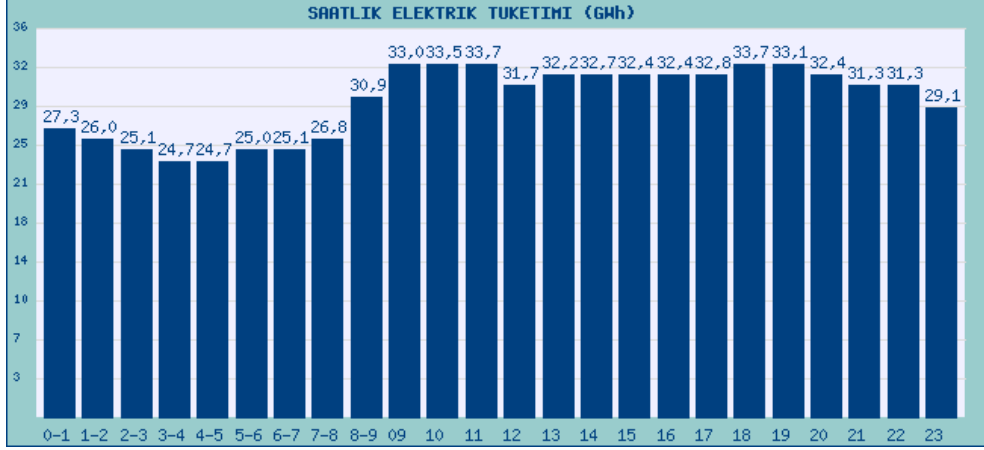
Akşam 17-19 saatleri civarındaki ikinci ve en yüksek değere sahip maksimal ekstremin görülmesinin nedeni ise akşam saatlerinin canlılığı, güneşin batışı ile aydınlanma gereksiniminin artıyor olması ve aynı zamanda birçok sanayi kuruluşunun ve diğer işletmelerin de hala çalışıyor olmasından kaynaklanmaktadır. Söz konusu maksimal pikin saat diliminin geniş aralıklı olması ise güneşin etkisinin günden güne dolayısıyla mevsimden mevsime değişiyor olmasından kaynaklanmaktadır denebilir.

Bu saat diliminden sonra yavaş yavaş bazı (özellikle de tek vardiya çalışan) sanayi kurumlarının ve diğer işletmelerin devreden çıkması ve toplumun da giderek dinlenme ve uyku dönemine girmesiyle elektrik enerjisi talebinde düşüş gözlenmektedir. Bu düşüş ise Saat 03 civarındaki minimal ekstrema kadar süre gitmektedir.

Şekil 1’de verilen eğriye uygun olarak gelişen çok ekstremlilik elektrik enerji talebinin günlük değişimi, enterkonnekte sistem için hiç de kolay uygulanabilirlik ifade etmemektedir. Zira enterkonnekte sistemden, dolayısıyla trafo sistemlerinden böylesi çok pikli değişimle elektrik çekimi teknik sorunlara neden olabilmektedir. Bundan ayrı olarak, elektrik üreten santrallerin çalışma güçlerinin gün içinde değiştirilmesini gerekli kılmaktadır. Hatta daha da ileri olarak, bazı santrallerin devreden çıkması ve/veya girmesinin gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır.

Tüm bu söz konusu durumlar, günlük enerji üretiminin ve bu bağlamında dağıtımının güvenli ve güvenilirlikle sağlanmasında sorunlar oluşturabilmektedir. Bu nedenle, Şekil 1’deki gibi bir elektrik enerji talebinin günlük değişimindeki ekstrem noktalarının birbirine yaklaştırılması gerekliliği kendini göstermektedir. Bu amaçla, ülkeler günlük yaşamın düzenlenmesi konusunda ilgili tedbirleri almaktadırlar. Bir başka deyişle, elektrik enerji talebinin günlük değişimine ilişkin olarak elektrik gereksiniminin realistik ve rasyonel şekilde hayata geçirilmesi ile ilgili tedbirlerle sağlanmaktadır.

Türkiye de böylesi düzenlemeleri yapan bir ülke olup, başarılı şekilde rasyonel sonuçlara ulaşan ülkeler arasında yer almaktadır. Şekil 2’de Türkiye’nin elektrik enerji talebinin günlük değişim eğrisi (10.03.2016 tarihi itibarıyla) saatlik elektrik tüketimi görülmektedir.



Şekil 2 Türkiye'nin Elektrik Enerji Tüketiminin
(10.03.2016 Tarihi İtibariyle) Saatlik Elektrik Tüketimi [3]

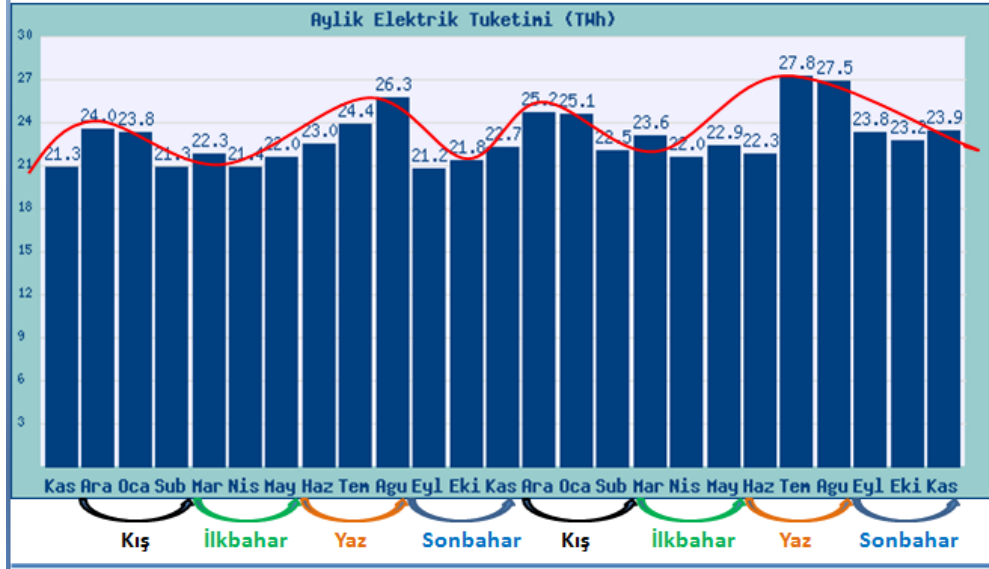
2.2. Elektrik Enerjisi Talebinin Mevsimsel Değişimi

Elektrik enerjisi talebinin zaman bağımlılığı sadece günlük olmamakta aynı zamanda mevsimsel değişim de elektrik enerjisi talebinde değişime neden olmaktadır. Bu bağlamda sağlıklı bir elektrik enerjisi talep tahmini yapabilmek için mevsimsel değişimin de bilinmesi ve incelenmesi gerekmektedir.

Elektrik enerjisi talebinin mevsimsel değişimi için elektrik tüketiminin aylık değişimi üzerinden değerlendirme yapmak yerinde olacaktır. Elektrik enerjisi talebi incelemesi için aylık elektrik enerjisi tüketimi ele alındığında; Aralık ve Temmuz/Ağustos aylarında tüketimin maksimumdan geçtiği, buna karşın Nisan ve Eylül aylarında tersine olarak minimumdan geçtiği görülmektedir [3].

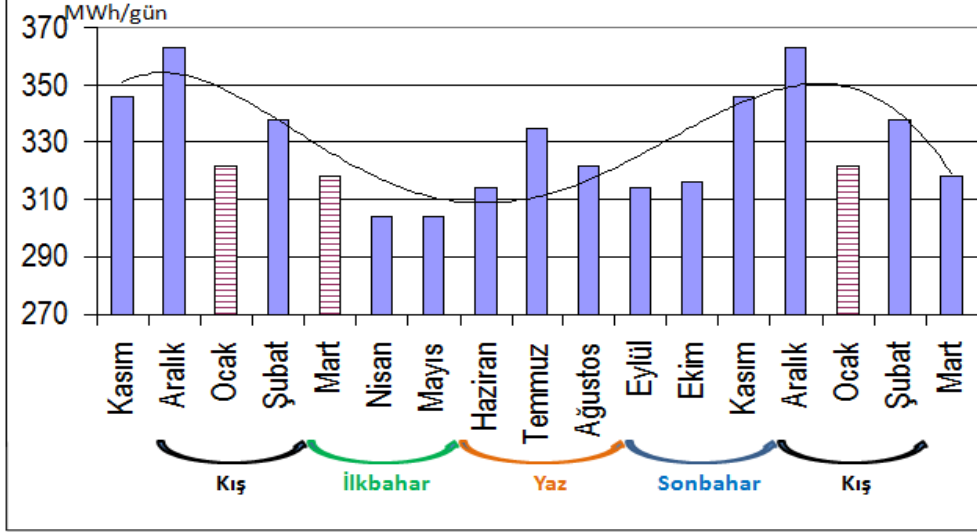
Mevsimsel olarak elektrik enerjisi talebinin değerlendirmesi Türkiye üzerinden yapılmak istenirse; kış ve yaz mevsimlerinde elektrik enerjisi tüketiminin yüksek olmasına karşın ilkbahar ve sonbaharda tüketimin düşük olduğu gözlenmektedir (Şekil 3). Hemen fark edildiği üzere değişim eğrisi pikli olup pik değerleri birbirine yakın değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bu bağlamda söz konusu pikli değişim bölgesinin sinüzoidal değişime yakınsayan bir değişim gösterdiği söylenebilir.

Şekil 3'ten hareketle günümüzde Türkiye'nin aylık ve mevsimsel enerji tüketim değerlerinin değişimi için yaz ve kış maksimal piklerinin olduğu bir trendi ifade ettiği tespit edilmektedir. Burada şunu belirtmek yerinde olacaktır ki; Şekil 3'teki Türkiye'nin elektrik enerji tüketiminin aylık ve mevsimlik değişimi yaklaşık son 6-8 yıllık gelişimi temsil etmektedir.



Şekil 3 Türkiye'nin Son Yıllardaki Elektrik Enerji Tüketiminin Aylık ve Mevsimlik Değişimi

Bundan önceki yıllarda Şekil 4'teki gibi bir değişim (1999 yılı itibariyle) görülmekteydi [2]. Bir başka deyişle, yaz piki etkinleşmemişti ve sadece kış dönemlerinde, pik elektrik tüketimi oluşmaktaydı. Son yıllarda, Türkiye'nin yaz aylarındaki elektrik tüketimi (sanayi üretiminin yaz dönemi üretiminin önem kazanması ve klima kullanımının da yaygınlaşmasıyla) hızla artmış ve kış pikine ilaveten yaz piki oluşmuş bulunmaktadır. Bu bağlamda, dünyayı etkileyen ve ülkemizin de payına düşeni almakta olduğu küresel iklim değişiminin etkinleşmiş olduğu söylenebilir.



Şekil 4 Türkiye'nin 1999 Yılı için Elektrik Enerji Tüketiminin Aylık ve Mevsimlik Değişimi

Şekil 3'teki değişim eğrisinde de değişim bölgesinin yine sinüzoidal değişime yakınsayan bir değişim gösterdiği gözlenmektedir. Şekil 3 ve Şekil 4 beraberce değerlendirildiğinde her iki eğride de Türkiye'nin elektrik enerji tüketiminin aylık ve mevsimlik değişim eğrisinin değişim bölgesinde sinüzoidal değişime yakınsadığı ancak, periyodun sıklaştığı bir başka deyişle frekansın arttığı belirlenmiş olmaktadır.

Türkiye bağlamında, burada şu hususu da belirtmek gerekir ki; son yıllarda yaz pikinin ulaştığı elektrik tüketimi değeri, kış pikinin ulaştığı değeri aşmış bulunmaktadır. Bu husus, hayli ilginç olup, küresel ısınma etkisinin enerji politikalarına yansıyan argümanı olarak nitelenebileceği gibi, ülkemizin yaz ayı çalışma programının arttığı ve ayrıca (klma kullanımı gibi) konfor şartlarının da geliştiği anlamına da gelmektedir.

Bu durum, elektrik santrallerinin emre amadeliğine önem kazandıran bir husus olmaktadır. Bilindiği üzere, emre amade santral nitelemesiyle; mevsimsel ve günsel şartların değişiminden etkilenmeden, her istendiği zaman enerji üretebilen dolayısıyla devreye girebilen santral kast ediliyor olmaktadır. Bu bağlamda, fosil yakıtlı ve nükleer santraller emre amade santraller olarak öne çıkmaktadır [4-5].

3. Enerji Politikalarının Oluşturulmasında Enerji Talep Tahmini

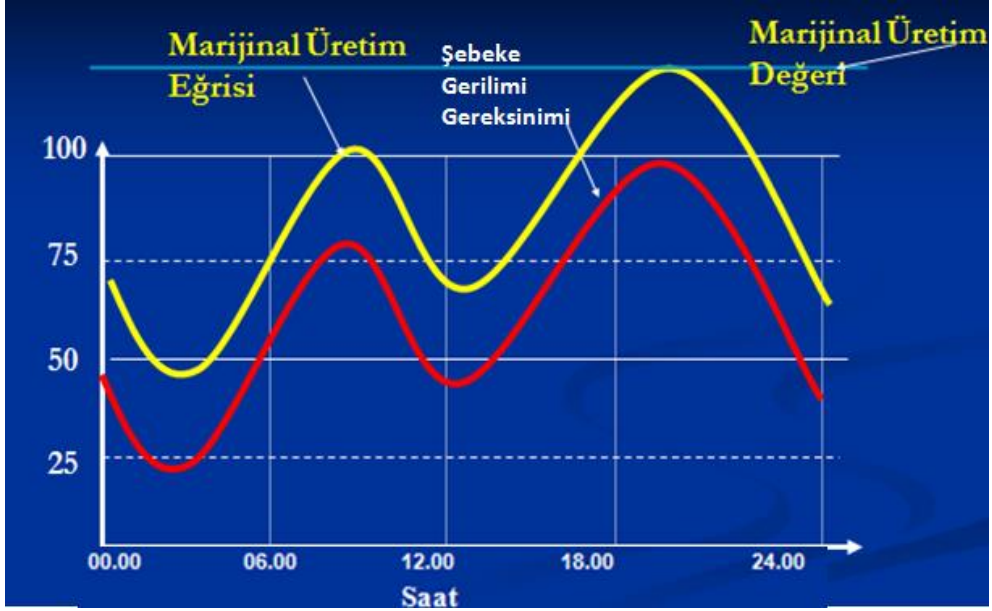
Enerji politikalarının gelecek projeksiyonu bağlamında oluşturulmasında enerji talep tahmini önemli bir yer tutmaktadır. Enerji talep tahmini ise ülkelerin enerji tüketim eğrilerinden hareketle yapılabilmektedir. Geleceğe yönelik elektrik enerji talebi tahmini yapabilmek için günlük elektrik enerji talebinden hareket etmek uygun ve doğru bir yaklaşımdır.

Burada şunu belirtmek gerekir ki rasyonel bir elektrik enerji talebi tahmini yapabilmek için ülkenin en yüksek enerji tüketiminin kaydedildiği günün değerleri göz önüne alınarak günlük elektrik enerji talebi eğrisini oluşturup nümerik olarak bu değerden hareketle enerji planlamalarında kullanılması yerinde olmaktadır.

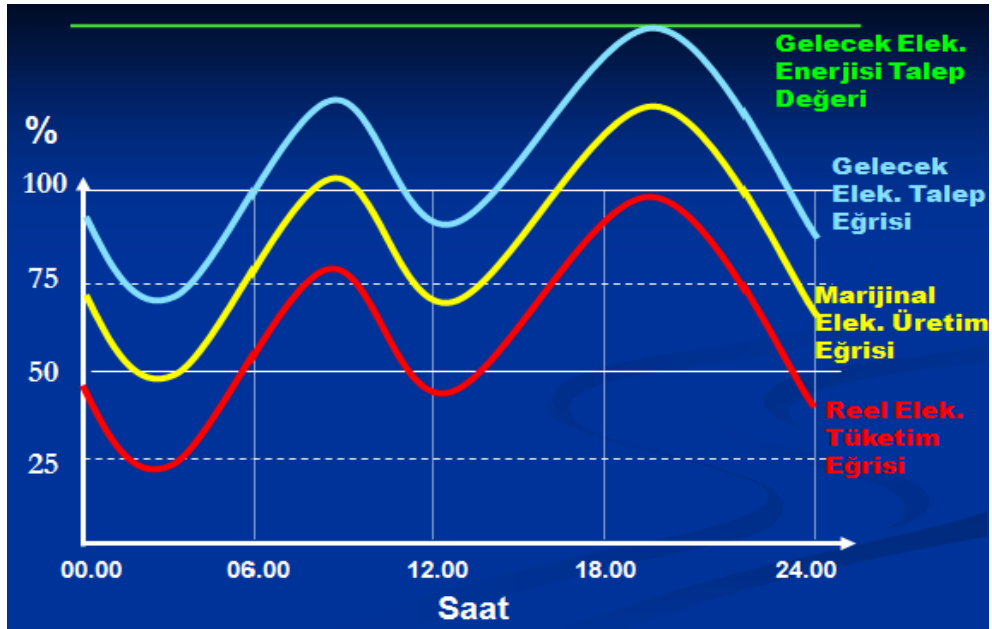
Ancak, sadece bu ulaşılan değerle çalışmak ta yeterli olmamaktadır. Zira tüm santraller emre amade, bir başka deyişle günlük ve mevsimsel özelliklerden bağımsız olarak her istendiği zaman devreye girememekte veya ayrıca tam güçte de devreye girememektedir. Fazla olarak, emre amade santrallerin da bakıma girmeleri gerekebilmektedir. Bu bağlamda, maksimum günlük elektrik enerji talebi eğrisine ilaveten “Marijinal Elektrik Enerji Talep Eğrisi”nin oluşturulması gerekmektedir. Böylelikle, içinde bulunulan zaman sürecine ilişkin enerji-politik planlama için düşünülecek talep ihtiyaç eğrisine ulaşılmış olmaktadır. Şekil 5’te elektrik enerji talebinin gelecek tahminine ilişkin oluşturulan marijinal payı ile günlük değişim eğrisi görülmektedir.

Söz konusu marijinal pay, ülkelerde farklı marijinal oranlarla uygulanmaktadır. En az % 10 olması beklenir. Ancak, bu değer yenilenebilir enerji santrallerinin sınırlı kullanıldığı haller için bir limit değerdir. Gelişmiş ülkelerde bu payın en az % 30’lardan başlayarak daha yüksek oranlarla enerji politikalarının oluşturulmakta olduğu gözlenmektedir.

Geleceğe ilişkin enerji-politik planlamaların yapılabilmesi için Şekil 5’teki gibi marijinal elektrik enerjisi talep eğrisine, ülkenin gelecek projeksiyonuna ilişkin gelecek kalkınma programları çerçevesinde öngörülen kalkınma oranları ve bu bağlamda elektrik enerji talebinin ne oranda artmasının beklendiği göz önüne alınması gerekmektedir. Bu bağlamda, geliştirilmiş elektrik enerji talebinin gelecek tahminine ilişkin oluşturulan günlük değişim eğrisi Şekil 6’da görülmektedir.



Şekil 5 Elektrik Enerji Talebinin Gelecek Tahminine İlişkin Oluşturulan Marijinal Payı ile Günlük Değişim Eğrisi



Şekil 6 Elektrik Enerji Talebinin Gelecek Tahminine İlişkin Oluşturulan Nihai Günlük Değişim Eğrisi

4. Sonuç

Sanayi devriminden bu yana küresel ölçekte enerji gereksiniminin giderek arttığı dünyamızda her ülke için enerji planlamaları ve bu bağlamda enerji politikalarının oluşturulması için enerji projeksiyonu ve enerji talep tahmini büyük önem taşımaktadır. Enerji talebi içinde başat bir yeri olan elektrik enerjisinin talep tahmini ise öncelikle üzerinde durulması gereken konuyu oluşturmaktadır.

Elektrik enerji tahmini için ise ilk olarak bakılması gereken parametre yakın geçmişteki elektrik tüketim değerleri olmaktadır. Burada, günlük elektrik tüketimi ve bu değerlerin aylık ve mevsimsel değişimi bağlamında en büyük elektrik tüketiminin oldu güne ilişkin değerlerin bilinmesi öne çıkmaktadır. Böylelikle, ülkenin en yüksek enerji talebinin karşılanması mümkün olabilecektir.

Bu değerlerin geleceği planlama bağlamında değerlendirilebilmesi için ise ülkenin genel hedefleri ve politikalarından hareketle nasıl gelişeceğine ilişkin planlamaların bilinmesi gerekmektedir. Bir başka deyişle, kalkınma programlarının hedefleri göz önüne alınarak lojik elektrik talep tahmini yapılabilir.

Tüm bu hususlar göz önüne alınarak geleceğe yönelik günlük elektrik enerji talebinin rasyonel tahmini öngörülebilir. Bir başka deyişle, enerji politikalarının realistik tahmini belirlenebilir. Elektrik enerjisi talep tahmininden hareketle elektrik santralı yatırımları yönlendirilebileceği gibi enerji kaynağı bağlantıları ve yatırımlarına da yön verilebilecektir. Fazla olarak, ülke geçmiş enerji tüketim ve kullanım değerlerinden hareketle bir korelasyon oluşturulabilir ve genel enerji talep tahminine geçilebilir ve böylelikle de enerji yatırımlarının yönlendirilmesi mümkün olabilir.

Kaynakça

[1] A.B. Tugrul, (2018), Enerji Politikaları İle Nüfus İlişkisi, 7. Uluslar arası Çin'den Adriyatik'e Sosyal Bilimler Kongresi, 11-14 Ekim 2018 Bakü / Azerbaycan, Bildiri Kitabı s: 9-17.

[2] İ. Ünsal, (2004), Enerji Gündemi ve Hidroelektrik Potansiyelimiz (Küresel Düşün, Yersel Davran), V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı, Cilt I s: 273-295.

[3] Türkiye Elektrik Tüketimi, (2016), Enerji Atlası.

[4] A.B. Tuğrul, (2012)“Enerji Santralleri ve Farklı Yönlerden Mukayeseli Değerlendirilmesi”, 18. Uluslararası Enerji ve Çevre Konferansı ICCI-2012, İstanbul, Bildiri Kitabı s:1-4.

[5] A.B. Tugrul, (2018), Enerji Ekonomisi Açısından Enerji Santrallerinin Mukayeseli Değerlendirilmesi, I. Uluslar arası İKSAD Sosyal Bilimler Kongresi, 9-11 Mart 2018, Mardin, Bildiri Kitabı, s: 591-599.

WATER-YIELD RELATIONSHIPS IN DEFICIT IRRIGATED PEA IN GREENHOUSE CONDITION

Serhat AYAS
University of Uludag

INTRODUCTION

Enoch and Enoch (1999) stated that greenhouse cultivation was an agricultural sector growing steadily worldwide. **Briassoulis et al. (1997)** pointed out that the majority of the greenhouses in Europe were in the center and in the north and that these greenhouses are high costly structures with climatic control systems. Some researchers reported that this situation has changed dramatically in recent years and that the current greenhouse presence has shifted to seaside areas of the northern and southern edges of the Mediterranean. **Wittwer and Castilla (1995)** stated that temperate areas use the Mediterranean greenhouse type and this greenhouse type is low-cost, unheated plastic covered buildings. **Mahajan and Singh (2006)** found that product cultivation was carried out in more than 50 countries recently for commercial purposes.

In 2014 year world pea production is 11 200 000 tons and the largest share in pea production belongs to the American Continent with 4 400 000 tons. Canada, Russia and US are the world's three biggest pea producers with 3 400 000, 1 500 000 and 778 000 tons, respectively (**FAOSTAT 2015**). Turkey is one of the fewest pea producer with 2 000 tons in the world (**FAOSTAT 2017**).

The nutritional value and agronomic advantages of garden pea (*Pisum sativum* L.) contributed to the increase of its production and use in cropping systems worldwide (**Mc Phee, 2003**). Garden pea (*Pisum sativum* L.) is an important winter vegetable in the north-western Himalayas of India (**Pandey et. al., 2006**). Reports are available on performance of garden pea under inorganic conditions (**Ikhtiar et. al., 2001; Raghav and Sharma, 2003; Sharma et. al., 2003**). Under semi-arid conditions, it was indicated that water stres was apparently a major factor responsible for low seed yield of the pea crop (**Martin et. al., 1994; Mc Phee and Muehlbauer, 1999**). Irrigation positively affected the plants during the sensitive flowering and pod formation period and increased pea seed yields in both locations. However, positive

effects of irrigation were limited in Konya and more evident in Ankara, Turkey (**Tamgoc et al., 2009**). The sensitivity of peas to drought stress during flowering and pod filling stage **Knott (1987)** and the effect of irrigation have been reported by **Salter (1962)**, **Salter (1963a)** and **Salter (1963b)** at Wellesbourne, Warwickshire and in the USA by **Pumphrey and Schwanke (1974)**. **Shalter (1962)** and **Shalter (1963a)** showed that there was a response to irrigation at flowering but not to applications of water in dry conditions during the vegetative growth stages.

Ritchie and Johnson (1990) have reported that soil water shortage caused by low water limit values in certain crop and soil condition can be prevented by irrigation planning, furthermore, irrigation planning predicts the last date for irrigation and that water stress allows effective irrigation to avoid adverse effects on crops. While inadequate irrigation reduces production because it causes water stress in crops, excessive irrigation reduces crop productivity. For this reason, the importance of the drip irrigation is great during irrigation date. Evapotranspiration based approaches (**Bar-Yosef and Sagiv 1982; McNeish et al. 1985; Clough et al. 1990; Hartz 1993**) or **Bogle et al. (1989)** who cared about controlled soil water consumption have used drip irrigation in order to form some planning strategies. Class A Evaporation is a largely used method for estimating CWU, which combines evaporation measured from the evaporation pan with CWU. The pan coefficient (K_{pan}) expresses the relationship of these two amounts. In an approach with regard to the K_p , there is no complicated measurement process and it is known as one of the easiest methods in irrigation planning. Prediction of the value of k is often difficult when considering local and regional differential features, soil features, plant physiology and cultural practices. **Yuan et al. (2003)** noted that the estimated K values for regional irrigation programming are too low for effective irrigation management, but high enough to eliminate the water stress that may arise in emergency and particular local conditions.

The studies on pea irrigation show that climate, topography, water source, variety cultural applications and irrigation management techniques and practices causing differences on fruit yield and quality. In our country, the number of studies done on irrigation of pea under drip irrigation practices is quite limited. Specific studies have been reported for the irrigation of peas in the world and in Turkey (**Düzdemir et al. 2009; Doğan et al. 2015; Ayas 2017**). Previous studies have clearly shown that pea yield and the other quality parameters are highly correlated with the irrigation water amounts. The target of this trial is to find out the effect of various watering levels on pea yield, some quality parameters, ky , WUE and IWUE.

MATERIAL and METHODS

The trial was realized in 2007 and 2008 years in Bursa-Yenişehir region, 8x40 m² dimensions, plastic covered greenhouse placed in the north-south direction, high plastic tunnel conditions. The winters are cold and rainy and the summers are hot and arid in Yenişehir and its province. The average annual rainfall and temperature values for the region where the greenhouse experiments were made 2007 and 2008 years were 482.9–630.7 and 13.6–12.9 °C, respectively. While the average minimal temperatures for 2007 and 2008 were -6.6 – (-5.9) °C between January and December, the average maximal temperatures were measured as 32.9 and 34.6 °C (Anonymous, 2010). The soil of the trial site was sandy-clay and the soil reaction (pH) value ranged from 7.86 and 8.05. Some characteristics of the soil are presented in Table 1.

Table 1. Some of chemical and physical properties of experimental field soil

Soil Depth (cm)	Soil Type	Unit weight (gr/cm ³)	Field Capacity (%)	Wilting point (%)	pH	Total salt (%)	CaCO ₃ (%)	Organic matter (%)
0-30	SL	1.34	29.73	21.74	7.99	0.037	16.5	2.92
30-60	SL	1.37	27.26	19.37	8.04	0.031	29.5	1.39
60-90	SL	1.58	33.92	23.72	7.86	0.034	31.5	1.08
90-120	SL	1.50	36.30	27.73	8.05	0.032	33.0	0.94

Mankozeb and Endosulfan were used as a chemical drugs against pea diseases and insects. 120 kg/ha 21% azote and 120 kg/ha 46 % phosphorus bottom base dressing were practised to the soil two weeks planting seedling process. When the seedlings started to in flowering period, 120 kg/ha 46% K₂O manure was added. 10 l/ha chlorophyll-ethyl was sprayed against insects. Pea seedlings were planted on April 01 2007 and April 04 2008. The plants and rows spacing applied in the trial were 0.50 m and 0.50 m, respectively. Each plot has involved 25 seedlings of pea. From the middle of each plots were harvested 9 plants as sample plants, considering that water would leak from adjacent plots. The pod width and the pod length of the pea taken as an example were measured with a calipers tool and the average values was measured. The dry matter ratio of the pods were specified by drying the samples (at 65°C in drying oven). The dry matter ratio was found by using (AOAC, 2000).

The experiment coincidence blocks were organized with three repetitions and 14 experiment treatments were randomly distributed. The size of the experiment plots was 4 m² (2.0 m x 2.0 m). The intervals between the plots were 0.75 m, and blocks were placed with 2 m intervals. In each plot, the intervals between plant- lines were 0.50 m and the intervals between plants in the same line were 0.50 m. Into each plot, 25 plants were planted. In order to avoid the effect of neighboring plots, only 9 plants in the middle row were harvested. The detail of one of the experimental plot is shown in Figure 1.

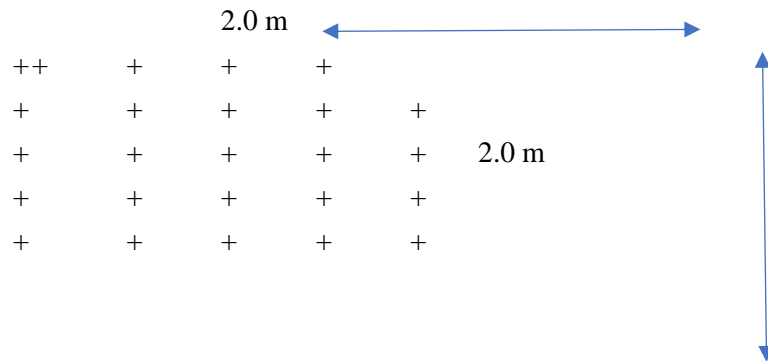


Fig. 1. The detail of a plot

Fourteen different irrigation treatments were formed depending on full or deficit irrigation applications in the periods of vegetative, flowering, yield formation and ripening. In the deficit irrigated plots, 75-50-25% of the water necessary to increase the available/ existing moisture to the field capacity was given, while in the fully irrigated plots, all of this water was applied. According to this, irrigation treatments were formed like this: V₁₀₀F₁₀₀Y₁₀₀R₁₀₀, V₇₅FYR, V₅₀FYR, V₂₅FYR, VF₇₅YR, VF₅₀YR, VF₂₅YR, VFY₇₅R, VFY₅₀R, VFY₂₅R, VFYR₇₅, VFYR₅₀, VFYR₂₅, V₀F₀Y₀R₀ (Table 2.).

Table 2. Experimental treatments

Irrigation treatments	Growth Stages			
	Vegetative	Flowering	Yield Formation	Ripening
E100V100Y100R100	+	+	+	+
V75FYR	+ %25 Water Deficit	+	+	+
V50FYR	+ %50 Water Deficit	+	+	+
V25FYR	+ %75 Water Deficit	+	+	+
VF75YR	+	+ %25 Water Deficit	+	+
VF50YR	+	+ %50 Water Deficit	+	+
VF25YR	+	+ %75 Water Deficit	+	+
VFY75R	+	+	+ %25 Water Deficit	+
VFY50R	+	+	+ %50 Water Deficit	+
VFY25R	+	+	+ %75 Water Deficit	+
VFYR75	+	+	+	+ %25 Water Deficit
VFYR50	+	+	+	+ %50 Water Deficit
VFYR25	+	+	+	+ %75 Water Deficit
V0F0Y0R0		-	-	-

+: Water application in the specified period, -: Without irrigation

In the trial, the plants were irrigated drip irrigation method and water was provided from an irrigation well. The specific features of the irrigation water utilized in the study are given in Table 3. The water has low-sodium risk, has a medium EC and is in C₂S₁ class. In growth periods of plant, the damp contains of the soil was followed before and after irrigation with a gravimetric method in every 30 cm till 120 cm depth.

Table 3. Specific properties of water used in the trial

Water Source	EC _{25x} (10 ⁶)	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	PH	Class	SAR
		(me L ⁻¹)						
Deep well	715	2.3	2.56	9.25	5.7	7.12	C ₂ S ₁	0.85

ET, was calculated by means of water balance equation (Eq. 1) (**Howell et al., 1995**)

$$ET = I + P - R_f - D_p \pm \Delta S \quad (1)$$

Where, ET represents the evapotranspiration, I shows the irrigation water (mm), P is the precipitation, R_f is the surface flow (mm), D_p is deep drainage (mm) and ΔS is the between two soil water changing in effective root depth (mm/90 cm). Before planting seedlings, water was used to the pea with the drip irrigation method. Total precipitation (P) and surface flow (R_f) was omitted and the soil moisture between the depths of 90 to 120 cm of the soil is accepted as

the deep drainage (D_p). However, during the growing period, soil moisture changes between 90 and 120 cm were not followed and the deep drainage was accepted as “0”. In this trial, the relationships between yield and ET is defined by the Steward Model (Eq.2) (**Stewart et al. 1975; Doorenbos and Kassam 1979**). The equation can be showed as;

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = k_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) \quad (2)$$

Where Y_m (t/ha) and Y_a (t/ha) are maximal and real yield, respectively, ET_m (mm) and ET_a (mm) are maximal and real evapotranspiration, respectively. The yield response factor is shown as k_y. WUE values were determined to assess irrigation efficiency in treatments. WUE and IWUE terms refer to contribution of irrigation water to effective use of plant production stages (**Bos, 1980**). The ratio of yield

(YLD) to ET_a expressed as WUE and it is demonstrated as $WUE=YLD/ET_a$ (kg/m^3). IWUE was predicted by the following equation;

$$IWUE(th a^{-1}) = \frac{YLD - YLD_{rainfed}}{IRGA} \quad (3)$$

Where YLD is yield and $YLD_{rainfed}$ is the yield found from the rainfed treatment, IRGA is the seasonal water amount (mm). The damp content of the soil till 90 cm depth was calculated before the seedlings were planted into the soil. Irrigation levels of all treatments were completed in the level of field capacity. In 2007 and 2008 years, irrigations were started on 01 April 2007 and on 04 April 2008 and irrigation was done every 7 days. The irrigation water for the four growth stages are given in Table 4.

Product efficiency and quality parameters are evaluated. Variance analysis was done with the values of product productivity and productivity components by using MSTAT-C and MINITAB software (Steel and Torrie, 1980).

RESULTS

In the experimental years, maximum irrigation water was obtained in $E_{100}V_{100}Y_{100}R_{100}$ treatment as 524 – 536 mm and minimum irrigation water was obtained in $E_0V_0Y_0R_0$ treatment as 0 – 0 mm respectively. Seasonal water consumption of the pea (ET_c) increased with the rise in the amount of the applied irrigation water. In $E_{100}V_{100}Y_{100}R_{100}$ and $E_0V_0Y_0R_0$ treatments, it was calculated as 200 – 795 mm in the first year and as 190 – 802 mm in the second year respectively. The amounts of the applied irrigation water and yield values are given in Table 6.

Linear relationships between ET_c with Y_a , and IW with Y_a were observed for 2007 year. The relationship equation is as follows; $Y_a = 0.0267ET_c - 6.6205$ with $R^2 = 0.84$ and $Y_a = 0.0135IW + 0.1876$ with $R^2 = 0.95$ (Fig 2 and Fig 3). Linear relationships between ET_c with (Y_a), and IW with Y_a were observed for 2008 year. The relationship equation is as follows; $Y_a = 0.0284ET_c - 7.9413$ with $R^2 = 0.83$ and $Y_a = 0.0136IW + 0.1951$ with $R^2 = 0.95$ (Fig 3 and Fig 4).

Table 4. The irrigation water applied for the four growth stages

Konular	Irrigation Water (mm)									
	Vegetative		Flowering		Yield Formation		Ripening		Total	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008
V100F100Y100R100	110,0	110,0	130,0	120,0	110,0	110,0	114,0	118,0	464,0	458,0
V75FYR	82,5	82,5	130,0	120,0	110,0	110,0	114,0	118,0	427,5	430,5
V50FYR	55,0	55,0	130,0	120,0	110,0	110,0	114,0	118,0	409,0	403,0
V25FYR	27,5	27,5	130,0	120,0	110,0	110,0	114,0	118,0	381,5	375,5
VF75YR	110,0	110,0	97,5	90,0	110,0	110,0	114,0	118,0	431,5	428,0
VF50YR	110,0	110,0	65,0	60,0	110,0	110,0	114,0	118,0	399,0	398,0
VF25YR	110,0	110,0	32,5	30,0	110,0	110,0	114,0	118,0	366,5	368,0
VFY75R	110,0	110,0	130,0	120,0	82,5	82,5	114,0	118,0	436,5	430,5
VFY50R	110,0	110,0	130,0	120,0	55,0	55,0	114,0	118,0	409,0	403,0
VFY25R	110,0	110,0	130,0	120,0	27,5	27,5	114,0	118,0	381,5	375,5
VPYR75	110,0	110,0	130,0	120,0	110,0	110,0	85,5	58,5	435,5	398,5
VPYR50	110,0	110,0	130,0	120,0	110,0	110,0	57,0	59,0	407,0	399,0
VPYR25	110,0	110,0	130,0	120,0	110,0	110,0	28,5	29,5	378,5	369,5
VoFoYoRo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Crop evapotranspiration for the different growth stages according to the treatments are given in Table 5.

Table 5. Crop evapotranspiration for the different growth stages

Konular	Crop Evapotranspiration (mm)									
	Vegetative		Flowering		Yield Formation		Ripening		Total	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008
V100F100Y100R100	120	130	160	164	140	148	100	100	520	542
V75FYR	85	110	150	156	136	144	89	97	460	507
V50FYR	80	94	150	153	133	142	94	95	457	484
V25FYR	60	65	147	149	130	132	91	93	428	439
VF75YR	118	115	126	124	129	129	82	80	455	448
VF50YR	115	112	118	128	134	128	83	77	450	445
VF25YR	114	110	114	116	132	132	90	85	450	443
VPY75R	115	114	148	152	124	120	85	84	472	470
VPY50R	113	113	144	150	116	112	84	81	457	456
VPY25R	110	110	149	147	86	92	82	80	427	429
VPYR75	117	116	150	150	133	136	90	88	490	490
VPYR50	115	114	147	148	130	134	74	72	466	468
VPYR25	114	113	143	144	130	131	56	60	443	448
VoFoYoRo	50	60	90	100	80	90	60	70	280	320

According to the research results, irrigation applications significantly affected the yield (Fig. 2 and Fig. 3), and when they were evaluated as the values of both of the years, the highest values of yield for 2007 and 2008 years were obtained as 6.22 t ha⁻¹ and 6.18 t ha⁻¹ from V₁₀₀F₁₀₀Y₁₀₀R₁₀₀ treatment, respectively (Table 7 and Table 8).

When the full irrigation treatment was compared with the deficit irrigation treatments, yield drops/losses were measured as 1.1%, 2.0%, 4.7%, 5.4%, 7.2%, 8.2%, 8.2%, 10.3%, 10.3%, 12.1%, 12.7%, 38.2% and 6120.0% in 2007 and 1.3%, 3.0%, 3.9%, 4.8%, 5.6%, 6.6%, 8.0%, 8.8%, 10.8%, 11.8%, 18.9%, 36.1% and

6080.0% in 2008. In the study, it was found out that that deficit irrigation has a significant effect on yield and quality parameters at $P < 0.05$ level.

While a positive linear relationship was found between the amount of irrigation water and the yield, pod width, pod length, number of seeds per pod, 100 seed weight; a negative linear relationship was found between the amount of irrigation water and dry matter ratio. According to the relationship, these results were found: pod width (2007) = $0.0033IW + 0.354$, $R^2 = 0.91$ and pod width (2008) = $0.0033IW + 0.5685$, $R^2 = 0.91$ (Fig. 4.a.); pod length (2007) = $0.0198IW + 3.4244$, $R^2 = 0.90$ and pod length (2008) = $0.0195 + 3.7321$, $R^2 = 0.90$ (Fig. 4.b).

Table 6. Relationship between the decrease in water use in yield and yield response factor for pea irrigated by a drip system in 2007 and 2008 years

Irrigation Treatment	Yield (t ha ⁻¹)	Water (mm)	ETa (mm)	ETa/ETm	Ya/Ym	1-(ETa/ETm)	1-(Ya/Ym)	ky	ky
V100F100Y100R100	6,22	464,0	520,00	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	
V75FYR	6,15	427,5	460,0	0,885	0,989	0,115	0,011	0,098	0,316
V50FYR	5,90	409,0	457,0	0,879	0,949	0,121	0,051	0,425	
V25FYR	5,75	381,5	428,0	0,823	0,924	0,177	0,076	0,427	
VF75YR	5,55	431,5	455,0	0,875	0,892	0,125	0,108	0,862	1,251
VF50YR	5,52	399,0	450,0	0,865	0,887	0,135	0,113	0,836	
VF25YR	4,50	366,5	450,0	0,865	0,723	0,135	0,277	2,054	
VFY75R	5,75	436,5	472,0	0,908	0,924	0,092	0,076	0,819	0,703
VFY50R	5,64	409,0	457,0	0,879	0,907	0,121	0,093	0,770	
VFY25R	5,64	381,5	427,0	0,821	0,907	0,179	0,093	0,521	
VFYR75	6,10	435,5	490,0	0,942	0,981	0,058	0,019	0,334	0,408
VFYR50	5,94	407,0	466,0	0,896	0,955	0,104	0,045	0,433	
VFYR25	5,80	378,5	443,0	0,852	0,932	0,148	0,068	0,456	
VoFoYoRo	0,10	0,0	280,0	0,538	0,016	0,462	0,984	2,132	2,132
									0,962

Irrigation Treatment	Yield (t ha ⁻¹)	Water (mm)	ETa (mm)	ETa/ETm	Ya/Ym	1-(ETa/ETm)	1-(Ya/Ym)	ky	ky
V100F100Y100R100	6,18	458,0	542	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
V75FYR	6,10	430,5	507	0,935	0,987	0,065	0,013	0,200	0,486
V50FYR	5,90	403,0	484	0,893	0,955	0,107	0,045	0,423	
V25FYR	5,20	375,5	439	0,810	0,841	0,190	0,159	0,834	
VF75YR	5,58	428,0	464	0,856	0,903	0,144	0,097	0,675	1,000
VF50YR	5,53	398,0	457	0,843	0,895	0,157	0,105	0,671	
VF25YR	4,54	368,0	455	0,839	0,735	0,161	0,265	1,653	
VFY75R	5,80	430,5	490	0,904	0,939	0,096	0,061	0,641	0,702
VFY50R	5,72	403,0	486	0,897	0,926	0,103	0,074	0,720	
VFY25R	5,68	375,5	483	0,891	0,919	0,109	0,081	0,743	
VFYR75	6,00	398,5	490	0,904	0,971	0,096	0,029	0,304	0,349
VFYR50	5,95	399,0	468	0,904	0,963	0,096	0,037	0,388	
VFYR25	5,80	369,5	448	0,827	0,939	0,173	0,061	0,355	
VoFoYoRo	0,10	0,0	320	0,590	0,016	0,410	0,984	2,402	2,402
									0,977

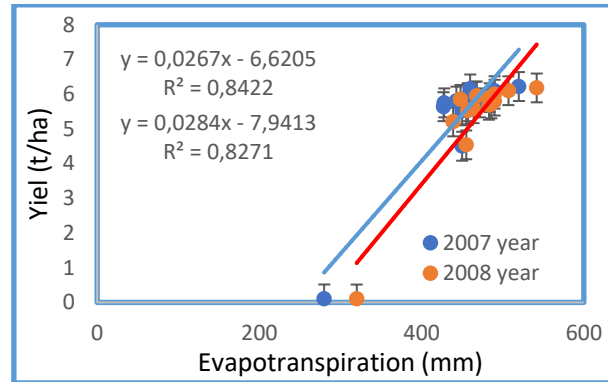


Figure 2. The relationship between Crop Water Consumption and Yield

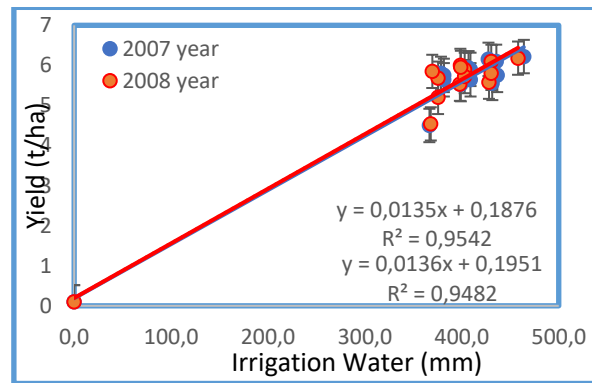


Figure 3. The relationship between Irrigation Water and Yield

Number of seeds per pod (2007)= $0.0108IW + 3.9179$, $R^2 = 0.94$ and number of seeds per pod (2008)= $0.0118IW + 3.5651$, $R^2 = 0.91$ (Fig. 4.c.); 100 seed weight (2007)= $0.0459IW + 6.1147$, $R^2 = 0.91$ and 100 seed weight (2008)= $0.0464IW + 6.0208$, $R^2 = 0.91$ (Fig. 4.d.); dry matter ratio (2007)= $-0.016IW + 16.719$, $R^2 = 0.90$ and dry matter ratio (2008)= $-0.0162IW + 16.852$, $R^2 = 0.91$ (Fig. 4.e.).

Table 7. Effects of irrigation treatments on pea parameters in 2007 year

2007						
Irrigation Treatment	Yield (t ha ⁻¹)	Pod Width (cm)	Pod Length (cm)	Number of Seeds Per Pod	100 Seed Weight (%)	Dry Matter (%)
V ₁₀₀ F ₁₀₀ Y ₁₀₀ R ₁₀₀	6.22 a	2.0 a	13.3 a	9.5 a	30.8 a	7.7 f
V ₇₅ F _{YR}	6.15 a	2.0 a	12.8 ab	8.8 b	26.5 b	10.0 de
V ₅₀ F _{YR}	5.90 abc	1.8 abc	12.4 abc	8.5 bc	26.2 b	10.0 de
V ₂₅ F _{YR}	5.75 cd	1.6 bcd	12.0 bcd	8.2 bcd	24.7 cd	10.5 bcd
V _{F75} Y _R	5.55 d	1.6 bcd	10.6 fgh	8.0 cde	22.8 e	10.8 bcd
V _{F50} Y _R	5.52 d	1.5 cd	10.3 gh	7.7 de	22.2 ef	11.0 bc
V _{F25} Y _R	4.50 e	1.4 d	9.8 h	7.5 e	21.1 f	11.4 b
V _{FY75} R	5.75 cd	1.9 ab	11.8 cde	8.5 bc	25.6 bc	10.0 de
V _{FY50} R	5.64 cd	1.8 abc	11.4 def	8.4 bc	25.3 bcd	10.3 cde
V _{FY25} R	5.64 cd	1.6 bcd	11.0 efg	8.2 bcd	24.1 d	10.5 bcd
V _{FYR75}	6.10 ab	1.8 abc	12.0 bcd	8.7 b	26.0 b	9.4 e
V _{FYR50}	5.94 abc	1.7 abcd	11.7 cde	8.5 bc	25.7 bc	10.0 de
V _{FYR25}	5.80 bcd	1.6 bcd	11.0 efg	8.0 cde	22.5 e	10.7 bcd
V ₀ F ₀ Y ₀ R ₀	0.10	0.4 e	3.5 i	4.0 f	6.6 g	16.5 a
Treatments	*	*	*	*	*	*
Blocks	is	is	is	is	is	is

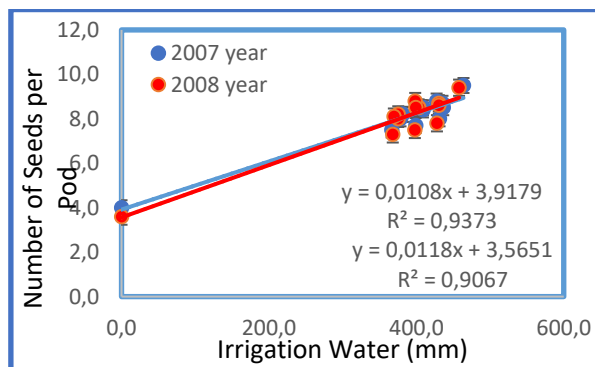
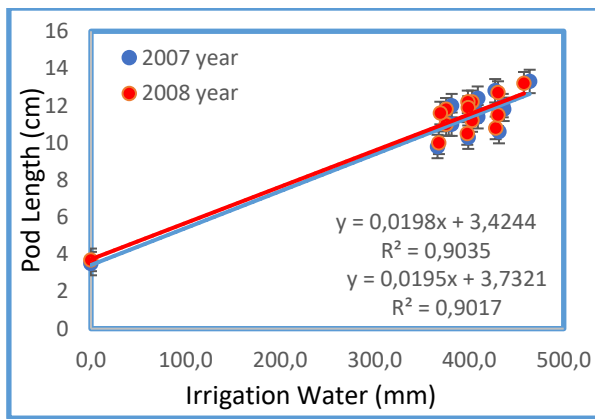
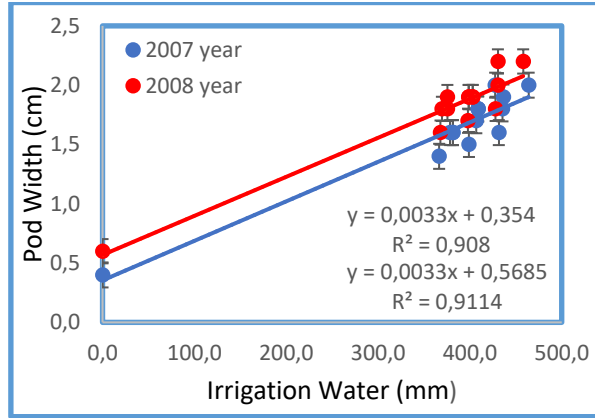
** means correlation is significant at the 0.005 level. is shows non-significant correlation.

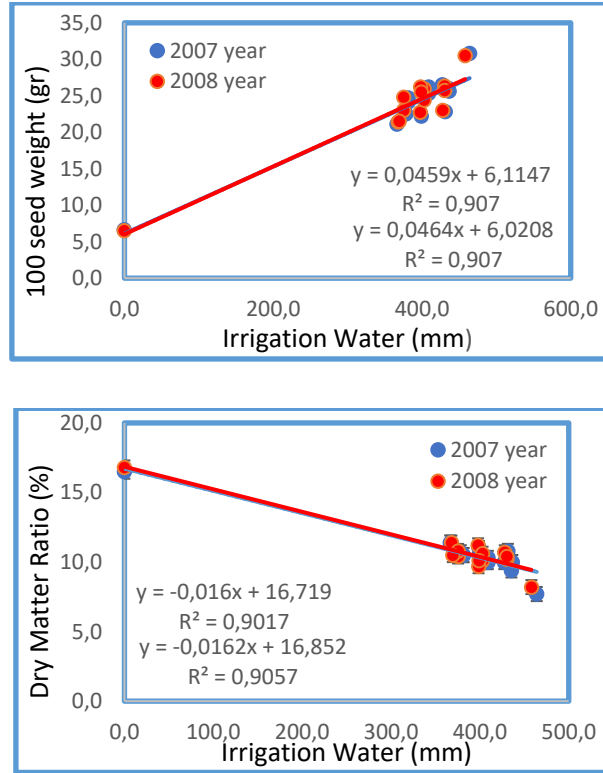
Table 8. Effects of irrigation treatments on pea parameters in 2008

2008						
Irrigation Treatment	Yield (t ha ⁻¹)	Pod Width (cm)	Pod Length (cm)	Number of Seeds Per Pod	100 Seed Weight (%)	Dry Matter (%)
V ₁₀₀ F ₁₀₀ Y ₁₀₀ R ₁₀₀	6.18 a	2.2 a	13.2 a	9.4 a	30.5 a	8.2 f
V ₇₅ F _{YR}	6.10 ab	2.2 a	12.7 ab	8.7 bc	26.3 b	10.2 de
V ₅₀ F _{YR}	5.90 cd	1.9 bc	12.2 bc	8.5 bcd	25.9 bc	10.1 de
V ₂₅ F _{YR}	5.20 i	1.9 bc	11.8 cde	8.0 def	24.8 bc	10.4 cde
V _{F75} Y _R	5.58 gh	1.8 bcd	10.8 gh	7.8 efg	23.0 de	10.7 bcd
V _{F50} Y _R	5.53 h	1.7 cd	10.5 hi	7.5 fg	22.7 e	11.2 bc
V _{F25} Y _R	4.54 j	1.6 d	10.0 i	7.3 g	21.4 e	11.4 b
V _{FY75} R	5.80 def	2.0 ab	11.5 def	8.6 bcd	25.7 bc	10.4 cde
V _{FY50} R	5.72 efg	1.9 bc	11.2 efg	8.5 bcd	24.4 cd	10.6 bcd
V _{FY25} R	5.68 fgh	1.8 bcd	11.0 fgh	8.2 bcde	23.0 de	10.8 bcd
V _{FYR75}	6.00 bc	1.9 bc	12.2 bc	8.8 ab	26.2 b	9.7 e
V _{FYR50}	5.95 bcd	1.9 bc	11.9 cd	8.5 bcd	25.5 bc	10.1 de
V _{FYR25}	5.85 cde	1.8 bcd	11.6 cdef	8.1 cdef	21.5 e	10.5 cde
V ₀ F ₀ Y ₀ R ₀	0.10 k	0.6 e	3.7 j	3.6 h	6.5 f	16.8 a
Treatments	*	*	*	*	*	*
Blocks	is	is	is	is	is	is

** means correlation is significant at the 0.005 level. ns shows non-significant correlation.

Figure 4. Relationship between applied of irrigation water and pod width, pod length, number of seeds per pod, 100 seed weight and dry matter ratio.

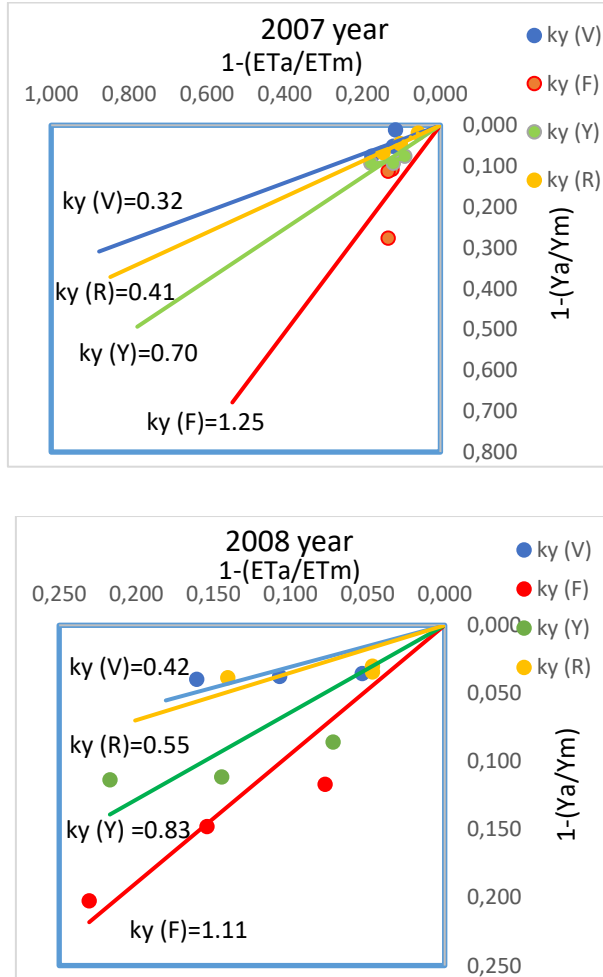




Crop yield response factor (k_y)

Crop yield response factor (k_y), demonstrates a linear relationship between relative crop evapotranspiration and relative yield decrease. It shows the response of the yield to the relative crop evapotranspiration. In other words, it explains the drops in the yield as a result of each level of deficiency in water consumption. Seasonal crop yield response factors (k_y) were calculated as 0.96 (2007 year) and 0.97 (2008 year) (fig.5). With the rise in the water deficiency, k_y value increased. This result is found a bit low in terms of seasonal crop yield response factors in the individual growth periods of the plants, while it is consistent with the crop yield response factors in the individual growth / development periods given in literature. The difference between these two results may be attributed to the differences between the experimental, climatic and soil conditions.

Figure 5. The relationship between relative yield decrease and relative evapotranspiration deficit for the experimental years.



Water use efficiencies

The average WUE and IWUE values of the experimental years, when the study was conducted, were found different depending on the treatments (Table 10). The WUE values were found as 0.013, 0.013, 0.013 - 0.012, 0.013, 0.013 kg.mm⁻¹ in 2007 year and 0.012, 0.012, 0.012 - 0.012, 0.013, 0.013 kg.mm⁻¹ in 2008, IWUE values were found as 0.014, 0.014, 0.015 - 0.014, 0.015, 0.015 kg.mm⁻¹ in 2007 year and 0.014, 0.015, 0.014 - 0.015, 0.016, 0.016 kg.mm⁻¹ in 2008 year for the treatments of vegetative and ripening periods, respectively. When WUE and IWUE values were

taken into consideration, the highest WUE and IWUE values were found in vegetative and ripening periods and the lowest value was obtained from flowering and yield formation periods. In other words, the highest yield was obtained and the most water was saved with deficit irrigation only in the vegetative and ripening periods of the pea.

Table 10. Total water use efficiency (WUE) and irrigation water use efficiency (IWUE) values for the pea irrigated by a drip irrigation at different irrigation treatments.

2007 year				2008 year			
Irrigation Treatment	Yield (t ha ⁻¹)	WUE (kg/m ³)	IWUE (kg/m ³)	Irrigation Treatment	Yield (t ha ⁻¹)	WUE (kg/m ³)	IWUE (kg/m ³)
V100F100Y100R100	6,22	0,012	0,013	V100F100Y100R100	6,18	0,011	0,013
V75FYR	6,15	0,013	0,014	V75FYR	6,10	0,012	0,014
V50FYR	5,90	0,013	0,014	V50FYR	5,90	0,012	0,015
V25FYR	5,75	0,013	0,015	V25FYR	5,20	0,012	0,014
VF75YR	5,55	0,012	0,013	VF75YR	5,58	0,012	0,013
VF50YR	5,52	0,012	0,014	VF50YR	5,53	0,012	0,014
VF25YR	4,50	0,010	0,012	VF25YR	4,54	0,010	0,012
VFY75R	5,75	0,012	0,013	VFY75R	5,80	0,012	0,013
VFY50R	5,64	0,012	0,014	VFY50R	5,72	0,012	0,014
VFY25R	5,64	0,013	0,015	VFY25R	5,68	0,012	0,015
VFYR75	6,10	0,012	0,014	VFYR75	6,00	0,012	0,015
VFYR50	5,94	0,013	0,015	VFYR50	5,95	0,013	0,015
VFYR25	5,80	0,013	0,015	VFYR25	5,85	0,013	0,016
VoFoYoRo	0,10	0,000	0,000	VoFoYoRo	0,10	0,000	0,000

DISCUSSION

In this study, irrigation treatments significantly affected yield, pod length and width of pea pod, number of seeds per pod, 100 seed weight and dry matter ratio. Water requirements of pea are similar to been 350 to 500 mm (**Doorenbos and Kassam 1979**). **Knott (1999)** reported the total of precipitation and water use values for the pea varied from 347 to 389 mm in Nottinghamshire. **Byan et al. (2002)** reported that water consumptive use (WCU) of cowpea was greater than that of pea and amounted to 0.426, 0.532 and 0.639 m³/m² for cowpea and 0.101, 0.127 and 0.152 m³/m² for pea. **Jackson et al. (2005)** reported that the total water (precipitation and irrigation) of pea in Conrad (USA) ranged between 213 – 561 mm. **Benjamin and Nielsen (2006)** determined that applied water of pea ranged between 350 – 452 mm. **Düzdemir et al. (2009)** stated that plant water consumptions were 19.0, 18.8, 15.5 and 12.4 liter pot⁻¹ for I₁, I₂ and I₄ treatments, respectively. **Doğan et al. (2015)** specified that the annual precipitation was about 200 mm in first year and 275 mm in the second year. In addition, the full irrigation treatment plot received 235 and 195 mm irrigation water in respective years. **Ayas (2017)** found that irrigation water applied to crops ranged between 70 and 464 mm, and crop water consumption ranged between 95 and

480 mm in Bursa province of Turkey. These results are notably in accordance with the irrigation water amounts and crop water consumption values obtained from previous studies (**Doorenbos and Kassam 1979; Jackson et al. 2005; Benjamin and Nielsen 2006; Düzdemir et al. 2009; Doğan et al. 2013; Doğan et al. 2015; Ayas 2017**).

The pea yield for 2007 and 2008 years ranged between 6.22-0.10 and 6.18-0.10 t ha⁻¹, respectively. The highest yields for 2007 and 2008 years were obtained from the V₁₀₀F₁₀₀Y₁₀₀R₁₀₀ treatment as 6.22-6.18 t ha⁻¹ and the minimum yields were obtained from the V₀F₀Y₀R₀ treatment as 0.1 t ha⁻¹. Based on to the results of this study, a significant effect of deficit irrigation was observed on total yield. Yield was considerably lowered as the amount of irrigation water decreased. The rates of reduction in relative yield were found as 1.1%, 2.0%, 4.7%, 5.4%, 7.2%, 8.2%, 8.2%, 10.3%, 10.3%, 12.1%, 12.7%, 38.2% and 6120.0% in 2007 year and 1.3%, 3.0%, 3.9%, 4.8%, 5.6%, 6.6%, 8.0%, 8.8%, 10.8%, 11.8%, 18.9%, 36.1% and 6080.0% in 2008 year. The non irrigated treatment (V₀F₀Y₀R₀) produced 6120.0 and 6080 % lower yield than the V₁₀₀F₁₀₀Y₁₀₀R₁₀₀ treatment. This result is in agreement with those of (**Stoker 1972; Doorenbos and Kassam 1979; Byan et al. 2002; Doğan et al. 2013; Doğan et al. 2015; Ayas 2017**).

Quality parameters such as pod width, length, number of seeds per pod, 100 seed weight and dry matter have produced a similar response to deficit irrigation as observed at yield. As expected, all irrigation treatments had higher values than the non-watered (V₀F₀Y₀R₀) treatment. These values are similar to those of previous studies (**Stoker 1972; Doorenbos and Kassam 1979; Hirich et al. 2014; Singh and Laura 2014; Doğan et al. 2013; Doğan et al. 2015; Ayas 2017**). V₁₀₀F₁₀₀Y₁₀₀R₁₀₀ treatments have higher pod width, length, number of seeds per pod and 100 seed weight than the other treatments. The lowest dry matters were found at V₁₀₀F₁₀₀Y₁₀₀R₁₀₀ treatments when the highest values were observed at V₀F₀Y₀R₀ treatments in every two years of the study.

The maximum WUE and IWUE values in vegetative and ripening periods for 2007 year were found as 0.013, 0.013, 0.013 – 0.012, 0.013, 0.013 and 0.014, 0.014, 0.015 – 0.014, 0.015, 0.015. The maximum WUE and IWUE values in vegetative and ripening periods for 2008 year found as 0.012, 0.012, 0.013 – 0.012, 0.013, 0.013 and 0.014, 0.015, 0.014 – 0.015, 0.015, 0.016, respectively. WUE and IWUE values in the vegetative and ripening periods were higher than in the flowering and yield formation periods in 2007 and 2008 years. We may conclude that significant increases in dry matter may be experienced by the increasing level of irrigation water deficit. These results are in agreement with those of (**Byan et al. 2002; Düzdemir et**

al. 2009; Doğan et al. 2013; Doğan et al. 2015; Ayas 2017). Pea variety choice, climate, soil structure and effective use of water also affect these values. As explained by Davis et al. (2008), it may be attributed to the variety and applied cultural practices handling under different climate and geographical conditions. Crop yield response factors (k_y) for 2007 and 2008 year were calculated as 0.96 and 0.98 for pea, respectively. The specified values of k_y (0.96-0.98) which is equal and lesser than 1.00 shows that pea is susceptible to the water. Crop yield response factor (k_y) also coincides with the values found by researchers who studied on similar issues (Doorenbos and Kassam, 1979; Byan et al. 2002; Düzdemir et al. 2009; Doğan et al. 2013; Doğan et al. 2015; Ayas 2017).

CONCLUSIONS

In this study, it was found out that irrigation applications significantly affects yield, pod width, pod length, number of seeds per pod, 100 seed weight and dry matter ratio. As the average of the experimental years, the highest yield was 6.20 t h^{-1} and it was obtained in $V_{100}F_{100}Y_{100}R_{100}$ treatment. The lowest yield was obtained as 0.10 t h^{-1} in $V_0F_0Y_0R_0$ treatment. Yield dropped significantly as a result of the decrease in the irrigation water. Relative yield decreases in the irrigation treatments in 2007 and 2008 years were 1.1%, 2.0%, 4.7%, 5.4%, 7.2%, 8.2%, 8.2%, 10.3%, 10.3%, 12.1%, 12.7%, 38.2%, 6120.0% and 1.3%, 3.0%, 3.9%, 4.8%, 5.6%, 6.6%, 8.0%, 8.8%, 10.8%, 11.8%, 18.9%, 36.1%, 6080.0%, respectively. WUE and IWUE values of vegetative and ripening periods were the highest of all the treatments. When there was water deficiency, the most suitable periods were vegetative and ripening periods, in which deficit irrigation were applied as the water application level only in vegetative and ripening periods with drip irrigation.

REFERENCES

- Anonymous 2010. Meteoroloji Bülteni (in Turkish). Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Başbakanlık Basımevi, Ankara, pp. 111–112 (In Turkish).
- AOAC (Association of Official Analytical Chemistry) (2000). Official methods of analysis, 17th ed. AOAC, Washington, DC, USA.
- Ayas S (2017). The effects of different irrigation levels on pea (*Pisum Sativum* L. Bolero) yield and quality characteristics under unheated greenhouse condition. International Conference on Agriculture, Forest, Food Science and Technologies (ICAFOT) Cappadocia, Turkey.
- Bar-Yosef B., Sagiv B. (1982). Response of tomatoes to N and water applied via a trickle irrigation system. II Water. *Argon. J* 74: 637–639.
- Benjamin, J.G., and Nielsen, D.C. 2006. Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea. *Field Crops Research* 97: 248–253.
- Bogle C.R., Hartz T.K., Nuntoez C. (1989). Comparison of subsurface trickle and furrow irrigation on plastic mulched and bare soil for tomato production. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 114: 40–43.
- Bos, M. G. 1980. Irrigation efficiencies at crop production level. *ICID Bull.* 29: 18–25.
- Briassoulis D, Waaijenberg D., Gratraud J., Von Eslner B. (1997). Mechanical properties of covering materials for greenhouses. Part 1. General overview. *J. Agric. Eng. Res.* 67, 81–96.
- Byan, U.A., El-Shinawy, M.Z., Hosnia, M.G. and Mahmoud, M.H. 2002. Yield and water relation of cowpea and pea plants as affected by water regime. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences.* V: 10(3) pp.847-865.
- Clough G.H., Locasio S.J., Olsen S.M. (1990). The yield of successively cropped polyethylene-mulched vegetables as affected by irrigation method and fertilization management. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 115:884–887.
- Davis AR, Webber CL, Perkins-Veazie P, Ruso V, Lopez Galarza S, Sakata Y. 2008. A Review of production systems on watermelon quality. *Proceedings of the IXth EUCARPIA Meeting on 98 Genetics and Breeding of Cucurbitaceae* (M. PITRAT, editor), INRA, Avignon, France, 515-520.
- Doğan E, Rat I, Kahraman A, İpek S (2015). Green pea response to deficit irrigation rates under semi-arid climatic conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21(No 5): 1005-1011.

- Doorenbos, J and Kassam, AH (1979). Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33, Rome.
- Düzdemir O, Kurunç A, Ünlükara A (2009). Response of pea (*Pisum Sativum*) to salinity and irrigation water regime. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 15 (No 5): 400-409.
- Enoch, H.Z. and Enoch, Y. 1999. The history and geography of greenhouse. In Stanhil, G. and Enoch, H.Z. (eds). *Greenhouse Ecosystems. Ecosystems of the World 20*. Elsevier, Amsterdam, pp. 1–15.
- FAO (2015). (http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001)
- FAO (2017). (http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001)
- Hartz T.K. (1993). Drip irrigation scheduling for fresh market tomato production. *HortScience* 28: 35–37.
- Hirich, A., Choukr-Allah, R., and Jacobsen, S. E. 2014. Deficit irrigation and organic compost improve growth and yield of quinoa and pea. *J. Agron. Crop. Sci.* 200, 390–398. doi: 10.1111/jac.12073
- Howell, T.A., Yazar, A., Schneider A.D., Dusek, D.A., Copeland, K.S., 1995. Yield and water use efficiency of corn in response to lepa irrigation. *Transaction of ASAE*, Vol. 38(6) 1737-1747.
- Ikhtiar, U., Sirajui, K.A.J.M., Khalaque M.M.A., Egashira, K. 2001. Effects of row space and fertilizer nitrogen level on the yield and quality of short duration gardan pea grown on a clay terrace soil of Bangladesh. *J Fac Agric Kyushu Univ.* 45:601-610.
- Jackson, G., Miller, J., Miller, P., Riesselman, J. 2005. Resronse of chickpea cultivars and pea to irrigation and planting rates. *Western Triangle Ag. Research Center, Conrad, MT.* 2002–2004.
- Knott, C.M. 1987. A key for stages of development of the pea. *Annals of Applied Biology* 111, 233–244.
- Knott, C.M. 1999. Irrigation of field peas (*Pisum sativum*): response to timing at different crop growth stages. *Journal of Agricultural Science.* 132, 417–424.
- Mahajan G., Singh K.G. (2006). Response of Greenhouse tomato to irrigation and fertigation. *Agricultural Water Management.* 84: 202–206.
- Martin, I., Tenorio, J.L., Ayerbe, I. 1994. Yield, growth and water-use of conventional and semi-leafless peas in semi-arid environments. *Crop Science* 34: 1576–1583.

- McNeish C.M., Welch N.C., Nelson R.D. (1985). Trickle irrigation requirements for strawberries in coastal California. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 110:714–718.
- McPhee, K.E., Muehlbauer, F.J. 1999. Variation for biomass and residue production by dry pea. *Field Crops Research* 62: 2003–2012.
- McPhee, K. 2003. Dry pea production and breeding – A mini-review. *J. Food, Agriculture and Environment* 1(1): 64–69.
- Pandey, A.K., Gopinath, K.A., Bhattacharya, R., Hooda, K.S., Sushil, S.N., Kundu, S., Selvakumar, G., Gupta, H.S. 2006. Effect of source and rate of organic manures on yield attributes, pod yield and economics of garden pea grown under organic farming system. *Indian J Agric Sci.* 76: 230–234.
- Pumphrey, F.V. & Schwanke, R.K. 1974. Effects of irrigation on growth, yield and quality of peas for processing. *Journal of American Society for Horticultural Science* 99, 104–106.
- Raghav, M., Sharma R.D. 2003. Growth and yield in tomato-okra-vegetable pea cropping sequence as affected by levels and methods of zinc application. *Prog. Hortic.* 35: 96–99.
- Ritchie J.T. and Johnson B.S. 1990. Irrigation of agricultural crops. *Agronomy Monograph* no. 30, pp. 363–390.
- Salter P.J. 1962. Some responses of peas to irrigation at different growth stages. *Journal of Horticultural Science* 37, 141–149.
- Salter P.J. 1963a. The effect of wet or dry soil conditions at different growth stages on the components of yield of a pea crop. *Journal of Horticultural Science* 38, 321–334.
- Salter P.J. 1963b. The right time to water peas. *The Grower* 59, 859.
- Sharma G.D., Sharma R.P., Datt N. 2003. Effect of supplementary use of farmyard manure along with chemical fertilizers on productivity and nutrient uptake by vegetable pea (*Pisum sativum* var *arvense*) and build up of soil fertility in la-haul valley of Himachal Pradesh. *Indian J Agric Sci.* 73: 266–268.
- Singh J and Laura J.S. 2014. Effect of sewage irrigation on yield of pea and pigeon pea. *J Integr Sci Technol* 2(2): 80-84.
- Steel, R.G.D. and Torrie J.H. 1980. *Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach.* McGraw-Hill, New York, pp.186–187.
- Stewart, J.I., Misra, R.D., Pruitt, W.O. and Hagan, R.M. 1975. Irrigating corn and sorghum with a deficient water supply. *Trans. ASAE* 18: 270–280.

- Stoker R. 1972. Response of viner peas to water during different phases of growth. Winchmore Irrigation Research Station, Ministry of Agriculture and Fisheries, Private Bag, Ashburton, New Zealand.
- Tamgoc, A., Ustun, A., Altinok, S. and Acikgoz, E. 2009. Biomass seed yield stability of pea genotypes. *Journal of food, Agriculture & Environment* Vol.7(1):140–146.
- Wittwer S.H., Castilla N. 1995. Protected cultivation of horticultural crops worldwide. *HortTechnology* 3, 6–19.
- Yuan, B.Z., Sun, J. and Nishiyama, S. 2003. Effect of drip irrigation on strawberry growth inside a plastic greenhouse. *Biosystems Engineering* 87(2): 237–245.

ORDU İLİNDE KARAYOLU TRAFİĞİNDEN KAYNAKLANAN EMİSYON ENVANTERİNİN BELİRLENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Göksel KAYA
Ordu Üniversitesi

Özet: Son yıllarda nüfus artışıyla birlikte motorlu taşıt sayısındaki artış ve buna bağlı olarak meydana gelen kirletici emisyonlar Ordu kent merkezi hava kalitesi üzerinde artan bir baskı oluşturmaya başlamıştır. Bu baskının son zamanlarda meydana gelen sel felaketleri ve hissedilir iklim değişikliği üzerinde etkisi olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle Ordu ilinde motorlu taşıtlardan kaynaklı kirletici emisyonlarının belirlenmesi gerekli bir hal almıştır. Bu çalışmada, 2017 yılında Ordu ili genelinde taşıt sayımı yapılan 15 ayrı güzergahta seyir halindeki taşıtlardan kaynaklanan emisyon miktarları emisyon faktörü, taşıt sayısı ve yol uzunluğu kullanılarak hesaplanmıştır. Emisyon faktörleri, CORINAIR emisyon faktörü veri tabanından hıza bağlı eşitlikler halinde taşıt sınıfı, yakıt türü, emisyon standardı ve motor teknolojisine göre uygun olarak seçilmiştir. Taşıt sayıları ve yol uzunluğu T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü'nün yayınladığı Devlet Yolları Trafik Hacim Haritası verilerinden alınmıştır. Emisyonlar MATLAB programlama dili kullanılarak 5 kirletici için (CO, NO_x, VOC, PM ve SO₂) ayrı ayrı hesaplanmıştır. Sonuçlar 2017 yılında Ordu ili genelinde taşıt sayımı yapılan 15 ayrı güzergahtan atmosfere salınan kirletici miktarlarının CO için 1113,9 ton, NO_x için 1305,8 ton, VOC için 121,1 ton, PM için 54,8 ton ve SO₂ için 2,15 ton olduğunu göstermektedir. Otomobiller CO, VOC, PM ve SO₂ kirleticileri için sırasıyla %58,9, %55,9, %39,8 ve %65,1 değerleri ile en büyük paya sahiptir. NO_x emisyonu için en büyük kirletici kaynağı %69,3 ile kamyonlardır. Atmosfere salınan tüm kirleticiler içinde kamyonlar %51,7 ile en büyük paya sahiptir. Bunu sırasıyla %41 ile otomobiller, %4,01 ile otobüsler ve %3,3 ile orta yüklü ticari taşıtlar takip etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Trafik emisyonları, emisyon envanteri, EMEP/CORINAIR, MATLAB, Ordu

Determination of the Emission Inventory From Road Transport in the Province of Ordu

Abstract: The increase in the number of motor vehicles in recent years in parallel with the increase in population and the related pollutant emissions

have started to form an increasing pressure on the air quality in the city center of Ordu in Turkey. It is believed that this pressure has had an influence on the flood disasters and noticeable climate change that happened recently. This is why it has become a necessity to determine the pollutant emissions caused by motor vehicles in the province of Ordu. This study determined the emission rates that are caused by moving vehicles at 15 different routes where vehicles were counted in the general province of Ordu in 2017 by utilizing data on emission factors, vehicle counts and route length. The emission factors were selected suitably from the CORINAIR emission factor database in the form of velocity-related equations as vehicle class, type of fuel, emission standard and engine technology. The numbers of vehicles and route lengths were obtained from the data of the State Highways Traffic Volume Map published by the General Directorate of Highways of the Turkish Ministry of Transportation and Infrastructure. Emissions were calculated separately for 5 pollutants (CO, NO_x, VOC, PM and SO₂) by using the MATLAB programming language. The results showed that the amounts of pollutants released to the atmosphere at the 15 different routes where vehicle counts were made in the general province of Ordu in the year 2017 as 1113.9 tons for CO, 1305.8 tons for NO_x, 121.1 tons for VOC, 54.8 tons for PM and 2.15 tons for SO₂. Passenger cars had the highest share for the pollutants CO, VOC, PM and SO₂ respectively as 58.9%, 55.9%, 39.8% and 65.1%. For the NO_x emission, the largest source of pollutants were trucks by 69.3%. Among all the pollutants that were released to the atmosphere, trucks had the largest share by 51.7%. These were followed by automobiles by 41%, busses by 4.01% and light-duty vehicles by 3.3%.

Keywords: Traffic emissions, emission inventory, EMEP/CORINAIR, MATLAB, Ordu

Giriş

Son yıllarda teknolojinin hızla gelişmesi ve nüfus artışıyla birlikte motorlu taşıt sayısındaki artış özellikle kentsel alanlarda önemli bir sorun olarak ortaya çıkmış ve bu taşıtlardan atmosfere salınan kirleticiler insanlar açısından önemli çevresel sağlık risk faktörlerinden biri haline gelmiştir.^{1,2,3,4} Son yıllarda Avrupa'da hava

¹ Idir Bouarar-Guy Brasseur- Katinka Petersen- Claire Granier-Qi Fan- Xuemei Wang-Lili Wang-Dongsheng Ji-Zirui Liu- Ying Xie- Wei Gao- Nellie Elguindi, "Influence Of Anthropogenic Emission Inventories On Simulations Of Air Quality In China During Winter And Summer 2010", *Atmospheric Environment*, C.198, 2019, s.237.

² Gong Mimi, Yin Shasha- Gu Xingke- Xu Yuanqian- Jiang Nan- Zhang Ruiqin, "Refined 2013-Based Vehicle Emission Inventory and Its Spatial and Temporal Characteristics In Zhengzhou, China", *Science of the Total Environment*, C.599, 2017, s.1150.

³ Marilena Kampa- Elias Castanas, "Human Health Effects Of Air Pollution", *Environment Pollution*, C.151, 2008, s.363.

⁴ Ghassan B. Hamra-Francine Laden- Aaron J. Cohen- Ole Raaschou-Nielsen- Michael Brauer- Dana Loomis, "Lung Cancer And Exposure To Nitrogen Dioxide And Traffic: A Systematic Review And Meta-Analysis", *Environ. Health Perspect.*, C.123, S.11, 2015, s.1108.

kirliliğine neden olan emisyonlar azaltılmış olmasına rağmen, kentsel nüfusun büyük bir kısmı hâlâ Avrupa hava kalitesi standartlarını aşan hava kirliliği konsantrasyonlarına maruz kalmaktadır ve motorlu taşıtlardan kaynaklanan kirlilik bu sorunun başlıca nedenlerinden biridir.^{5,6,7,8} Günümüzde kirletici emisyonların sınır değerleri Avrupa birliği ülkelerinde Hava Kalitesi Yönergesi 2008/50/EC tarafından tanımlanmaktadır.⁹ Ülkemizde de AB mevzuatına uyum süreci çerçevesinde, egzoz emisyonları konusunda AB ülkelerinde yayımlanan mevzuat benimsenerek 2009 yılından itibaren uygulanmaya başlanmıştır.

Hava kirliliğinin sınır ötesi yapısı ve onun tüm ülkeler tarafından çözülmesi gereken küresel bir sorun haline gelmesi, emisyon envanterlerinin hazırlanarak mevcut emisyonların tanımlanması ihtiyacını doğurmuştur.¹⁰ Emisyon envanteri, sınırları belirlenmiş herhangi bir bölgede, hava kirletici kaynaklardan belli bir zaman aralığında atmosfere verilen kirleticilerin listesi, miktarı ve bunların toplam kirlilik içindeki paylarını gösteren bilgiler olarak tanımlanmaktadır.¹¹ Literatür incelendiğinde emisyon envanterleri hazırlanırken genellikle kent merkezindeki bir veya birkaç karayoluna yoğunlaştığı, seçilen karayolları üzerinde taşıt sayımlarının otomatik sayım cihazları veya kamera sistemi ile yapıldığı, emisyonların literatürdeki emisyon

⁵ Changwoo Han- Youn Hee Lim- Takashi Yorifuji- Yun Chul Hong, Y, “Air Quality Management Policy And Reduced Mortality Rates In Seoul Metropolitan Area: A Quasi-Experimental Study”, *Environment International*, C.121, 2018, s.602.

⁶ Daniela Dias- Jorge Humberto Amorim- Elisa Sa- Carlos Borrego- Tania Fontes- Paulo Fernandes- Sergio Ramos Pereira- Jorge Bandeira- Margarida C. Coelho- Qxana Tchepel, “Assessing The Importance Of Transportation Activity Data For Urban Emission Inventories”, *Transportation Research Part D*, C.62, 2018, s.28.

⁷ Wen Yang-Chengyao Yu- Wen Yuan- Xinyi Wu- Wei Zhang- Xuejun Wang, “High-Resolution Vehicle Emission Inventory And Emission Control Policy Scenario Analysis, A Case In The Beijing-Tianjin-Hebei (BTH) Region, China”, *Journal of Cleaner Production*, C.203, 2018, s.531.

⁸ Jessie Madrazo- Alain Clappier- Luis Carlos Belalcazar- Osvaldo Cuesta- Heydi Contreras- François Golay, “Screening Differences Between A Local Inventory And The Emissions Database For Global Atmospheric Research (EDGAR)”, *Science of the Total Environment*, C.631, 2018, s.935.

⁹ EC (European Parliament and of the Council) 2008. *Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe* (OJ L 152, 11.6. 2008).

¹⁰ Ümmügülsüm Alyuz- Kadir Alp, “Emission Inventory Of Primary Air Pollutants In 2010 From Industrial Processes In Turkey”, *Science of the Total Environment*, C.488, 2014, s.370.

¹¹ Xiaoyan Ma- Tong Sha-Jianying Wang-Hailing Jia-Rong Tian, “Investigating Impact Of Emission Inventories On PM2.5 Simulations Over North China Plain By WRF-Chem”, *Atmospheric Environment*, 195 (2018) 125–140.

faktörleri ile belirlendiği ve özel dağıtım modelleri kullanılarak karayolu yakınlarındaki atmosferik dağılım hesaplarının yapıldığı görülmektedir.^{12,13,14}

İçten yanmalı motorlardan atmosfere salınan kirletici emisyonları motorun ısınmasına kadar geçen sürede atılan emisyonlar, motor ısındıktan sonra oluşan sıcak egzoz emisyonları ve karbüratörden ve yakıt deposundan yakıtın buharlaşması ile oluşan emisyonlar olarak sınıflandırmak mümkündür.¹⁵ Motorlu taşıtlardan kaynaklı kirleticilerin büyük çoğunluğunu oluşturan egzoz gazlarının bileşiminde ana kirletici olarak yanmamış hidrokarbonlar, kısmen yanmış hidrokarbonlar (HC), karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO_x), kükürt dioksit (SO₂), kurşun bileşikleri ve partikül madde (PM₁₀) sayılabilir.^{16,17}

Bu çalışmada, 2017 yılında Ordu ili genelinde T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından taşıt sayımı yapılan 15 ayrı güzergahta seyir halindeki taşıtlardan kaynaklanan emisyon miktarları emisyon faktörü, taşıt sayısı ve yol uzunluğu kullanılarak hesaplanmıştır. Emisyon faktörleri, CORINAIR emisyon faktörü veri tabanından seçilmiştir. Taşıtların, yol uzunluğu ve hız bilgileri T.C. Ulaştırma Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü'nün 2017 yılı için yayınladığı Devlet Yolları Trafik Hacim Haritası verilerinden alınmıştır. Emisyonlar MATLAB programlama dili kullanılarak 5 kirletici için (CO, NO_x, VOC, PM ve SO₂) ayrı ayrı hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında taşıt motorlarının ilk çalıştırılması ile termostat açıldıktan sonraki sürüşte ortaya çıkan sıcak emisyonlar hesaplanmış, termostatın açılmaya başladığı ana kadar meydana gelen soğuk emisyonlar ve buharlaşma yolu ile ortaya çıkan emisyonlar veri eksikliğinden dolayı hesaplanmamıştır. Ayrıca Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından motosiklet sayımı yapılmadığından bu tip araçlardan kaynaklı emisyonlar çalışmaya dahil edilmemiştir.

¹² Giovanni Lonati- Michele Giugliano- Paola Butelli-Laura Romele- Ruggero Tardivo, "Major Chemical Components of PM_{2.5} in Milan (Italy)", *Atmospheric Environment*, C.39, 2005, s.1927.

¹³ Deb Niemeier, "The Impact Of Incorporating Spatial, Temporal Variability On Running Stabilized Mobile Emissions Inventories", *Atmospheric Environment*, C.37, 2003, s.28.

¹⁴ Salvatore Saija- Daniela Romano, "A methodology for the estimation of road transport air emissions in urban areas of Italy", *Atmospheric Environment*, C.36, 2002, s.5378.

¹⁵ Metin Ergeneman- Mehmet Mutlu- Akın Kutlar- Hikmet Arslan, *Taşıt Egzozundan Kaynaklanan Kirleticiler*, Birsen Yayınevi, İstanbul 1998, s.5.

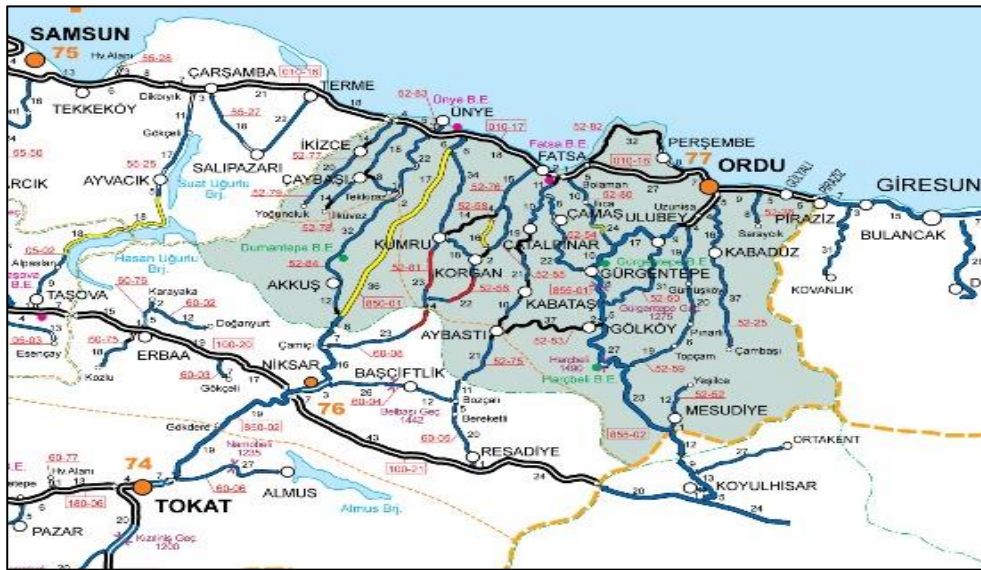
¹⁶ Dragan Adamovic- Jovan Doric- Mirjana Vojinovic Miloradov- Savka Adamovic- Sabolec Pap-Jelena Radonic- Maja Turk Sekulic, "The Emission Of BTEX Compounds During Movement Of Passenger Car In Accordance With The NEDC", *Science of the Total Environment*, C.639, 2018, s.340.

¹⁷ John N. Seinfeld- Spyros N. Pandis, *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*, Wiley, NY 2006, s. 411.

Materyal ve Metod

Çalışma Alanı

Ordu İli, kuzeyden Karadeniz, doğudan Giresun, güneyden Sivas ve Tokat ve batıdan Samsun illeri ile çevrilidir. Yüzölçümü 5.952 km² ve 500 metre rakımı olan ilde yeryüzü şekilleri farklılaşmaktadır. Ordu ili idari yapısında 2013 yılı önemli bir dönüm noktasıdır. İl, 22.03.2013 tarih ve 28595 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan 6447 sayılı “On Üç İlde Büyükşehir Belediyesi ve Yirmi Altı İlçe Kurulması İle Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanunda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun” ile büyükşehir olmuştur. Ordu, Türkiye’nin 30. Büyükşehir’i olup Altınordu, Akkuş, Aybastı, Çamaş, Çatalpınar, Çaybaşı, Fatsa, Gökkyöy, Gülyalı, Gürgentepe, İkizce, Kabadüz, Kabataş, Korgan, Kumru, Mesudiye, Perşembe, Ulubey ve Ünye olmak üzere 19 ilçeden oluşmaktadır. İlçeler genelinde yer alan mahalle sayısı ise toplam 726’dır.¹⁸ Şekil 1’de Ordu ilinin coğrafi konumu ve yol ağı görülmektedir.



Şekil 1. Ordu ili coğrafi konumu ve yol ağı

¹⁸ T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, *Ordu İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu*, <http://web-dosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/son-2017-ordu-il-cevre-durum-raporu-20180806100518.pdf>, 2017, s.1.

Taşıt Sayımları

Çalışma kapsamında Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından taşıt sayımı yapılan 15 ayrı karayolu dikkate alınmıştır. Bu yollar sahip oldukları trafik yoğunluğu bakımından kentin hava kalitesini direkt olarak etkileyebilecek niteliktedir. Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından kullanılan taşıt sayım yöntemleri 2 çeşittir.¹⁹

a) *Otomatik Taşıt Sınıflandırma Sayımları (OTSS1)* : 2017 yılında 1353 noktada her mevsim en az 7 gün 24 saat süreyle taşınabilir hava basınçlı hortumlu cihazlar kullanılarak yapılan taşıt sınıflandırma sayımlarıdır. Sistem taşıt sınıflandırmalarını, 11 sınıfta aks sayısına ve aks mesafelerine göre gerçekleştirmektedir.

b) *Otomatik Taşıt Sınıflandırma Sayımları (OTSS3)* : Manyetik döngülü cihazlar kullanılarak yapılan sürekli sayım ve sınıflandırma istasyonları olup, Türkiye genelinde 516 noktada kurulmuştur. Sürekli sayım yapılan bu istasyonlardan aylık değişim katsayıları belirlenmekte ve diğer cihazlarla yapılan kısa süreli sayımlardan elde edilen trafik bilgilerinin Yıllık Ortalama Günlük Trafik değerlerine dönüştürülmesinde kullanılmaktadır. Taşıtlar uzunluklarına göre 9 farklı grupta sınıflandırılmakta olup, taşıt sınıfları 5 farklı grupta değerlendirilmiştir. Manyetik döngülü cihazlardan aynı zamanda taşıt hızlarına ait veriler de toplanmaktadır.

Şekil 2’de Ordu ili devlet yolları trafik hacim haritasında taşıt sayımı yapılan noktalar ve ölçülen veya tahmin edilen taşıt sayıları görülmektedir.

¹⁹ KGM (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, *2017 Trafik ve Ulaşım Bilgileri*, <http://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Istatistikler/TrafikveUlasimBilgileri/17TrafikUlasimBilgileri.pdf>, 2017, s.7.



Şekil 2. Devlet yolları trafik hacim haritası²⁰

Yıllık ortalama günlük trafik değerleri, hız bilgileri, yol uzunlukları ve sayım türü gibi ayrıntılı bilgiler ise Çizelge 1’de görülmektedir.

Çizelge1. 2017 yılı Karayolları 7. Bölge Müdürlüğü devlet yolları yıllık ortalama günlük trafik değerleri ve hız bilgileri

²⁰ Agb, s.96.

(KKNO:Kontrol kesim no, YOGT: Yıllık ortalama günlük taşıt değeri)²¹

İli	KKNO	DİLİM NO	UZUNLUK km	SAYIM TÜRÜ	TOPLAM YOGT TAŞIT/ GÜN	OTOMOBİL		ORTA YÜKLÜ TİCARİ TAŞIT		OTOBÜS		KAMYON		KAMYON + RÖ- MORK ÇEKİCİ +YARI RÖMORK	
						YOGT TAŞIT/ GÜN	ORT. HIZ km/sa	YOGT TAŞIT/ GÜN	ORT. HIZ km/sa	YOGT TAŞIT/ GÜN	ORT. HIZ km/sa	YOGT TAŞIT/ GÜN	ORT. HIZ km/sa	YOGT TAŞIT/ GÜN	ORT. HIZ km/sa
ORDU	010-17	1	9	OTSS1	14624	9871	103	1051	98	397	92	1357	85	1948	76
ORDU	010-17	2	26	OTSS3	22041	16714	85	1177	76	371	80	1507	68	2272	68
ORDU	010-18	1	6	OTSS3	22292	17167	85	1226	77	351	83	1416	71	2132	70
ORDU	010-18	2	27	TÜ- NEL	15977	11470	-	173	-	390	-	2139	-	1805	-
ORDU	010-18	3	7	TAH- MİN	33154	25309	-	2798	-	450	-	2527	-	2070	-
ORDU	010-18	4	14	OTSS3	19533	14659	91	1015	81	329	89	1400	74	2130	75
ORDU	010-18	5	5	OTSS1	16882	12026	92	1226	88	411	90	1326	81	1893	74
ORDU	850-01	1	6	OTSS1	1604	1273	64	179	65	1	50	147	63	4	49
ORDU	850-01	3	6	TAH- MİN	2140	1576	-	228	-	12	-	242	-	82	-
ORDU	855-01	1	5	TAH- MİN	10601	8647	-	937	-	8	-	946	-	63	-
ORDU	855-01	2	17	OTSS3	7566	6570	81	562	78	8	72	387	69	39	69
ORDU	855-01	3	27	OTSS1	1634	1198	57	221	57	5	46	194	55	16	46
ORDU	855-01	4	13	OTSS1	1472	1085	68	204	64	6	51	161	61	16	55
ORDU	855-02	1	27	OTSS1	606	447	46	102	43	0	-	49	42	8	35
ORDU	855-02	2	23	OTSS1	636	441	41	105	39	1	30	75	35	14	28

²¹ Agb, s.97.

Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından tespit edilen taşıt sayılarında kullanılan motor teknolojisi ve yakıt türüne ait veriler bulunmamaktadır. Bu nedenle, daha önce İstanbul kenti için gerçekleştirilen bir çalışmada kullanılan veriler bu çalışmada kullanılmıştır.²² Türkiye’deki araç sayısının %19’unu oluşturan İstanbul kentinin Türkiye genelini temsil ettiği kabul edilebilir. Karayolları Genel Müdürlüğü’nün verilerinde İstanbul kenti için 2017 yılında otomobillerin kullandıkları yakıt türlerine ait dağılımları bulunmaktadır, bu nedenle bu veriler güncellenmiştir. Araçların kullandıkları yakıtlara ve türlerine göre dağılımı Çizelge 2’de ve araçların kullandıkları teknolojiye ve türlerine göre dağılımı ise Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 2. Araçların kullandıkları yakıtlara ve türlerine göre dağılımı (%)

	Benzin	Motorin	LPG	Toplam
Otomobil	27,2	34,4	38,4	100
Kamyonet Minibüs	10,7	89,3	-	100
Kamyon-Otobüs	6,6	93,4	-	100

Çizelge 3. Araçların kullandıkları teknolojiye göre dağılımı

	PRE-ECE	ECE 15-00/01	ECE 15-02	ECE 15-03	ECE 15-04	EURO1	EURO2	EURO3	EURO4	TOPLAM
Otomobil	1,5	0,7	0,6	1,6	9,7	10,1	10,6	22,2	43	100
Kamyonet- Minibüs	0,9	2	0,7	1,6	11	15,4	17,6	32,1	18,7	100
Kamyon- Otobüs	1,6	3,4	0,9	1,3	4,3	7,4	15,7	33,9	31,5	100

²² Hüsnü Koca- Tolga Elbir, “Bir Üniversite Yerleşkesi İçinde Karayolu Trafikinden Kaynaklanan Hava Kalitesinin Belirlenmesi”, *Hava Kirliliği Araştırma Dergisi*, C.2, 2013, s.46.

Emisyonların Hesaplanması

Bu çalışmada emisyon envanterinin hesaplamasında EMEP/CORINAIR metodolojisi temel alınmıştır. Bu metodolojiye göre seyir halindeki motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanmaktadır.²³

$$E_{i,j,k} = N_j \cdot M_{j,k} \cdot e_{i,j,k} \quad (1)$$

Burada; i (kirleticiler): CO, VOC, NO_x, SO₂ ve PM, j (taşıt sınıfları): Yakıt türü ve üretim yılı, k (yol sınıfı): Şehir içi, şehir dışı ve otopan, E_i: Kirletici emisyon miktarı(ton/yıl), N_j: Taşıt sayıları (j: üretim yılına bağlı sınıfına göre), M_{j,k}: Taşıtların yaptığı kilometre (j: yol tipi ve k: taşıt sınıflarına göre), e_{i,j,k}: Emisyon faktörü [g/km] (kirleticiler, taşıt sınıfları, yol sınıfına göre)'dir.

Çalışmada yüzlerce farklı emisyon faktörü eşitliği kullanılmıştır. Eşitlik 2'de dizel yakıtı kullanan Euro 4 sınıfı otomobiller için NO_x emisyon faktörü örnek olarak verilmiştir.

$$EF = \frac{(1,11 - 2,02 \cdot 10^{-2} \cdot V)}{(1 + 1,48 \cdot 10^{-4} \cdot V^2)} \quad (2)$$

burada; EF: NO_x emisyon faktörü (g/km), V: Taşıt hızı (km/saat)'dir.

Her kirletici için toplam emisyonlar emisyon faktörlerini kullanarak MATLAB programlama dilinde yazılan bir program ile hesaplanmıştır. Program sadece taşıt sayıları, hızları ve yol uzunluklarının girilmesiyle tüm emisyon miktarlarını hesaplamaya olanak sağlayacak şekilde yazılmıştır. Bu özelliği ile ülkemiz genelinde herhangi bir yere rahatlıkla uygulanabilecek niteliktedir.

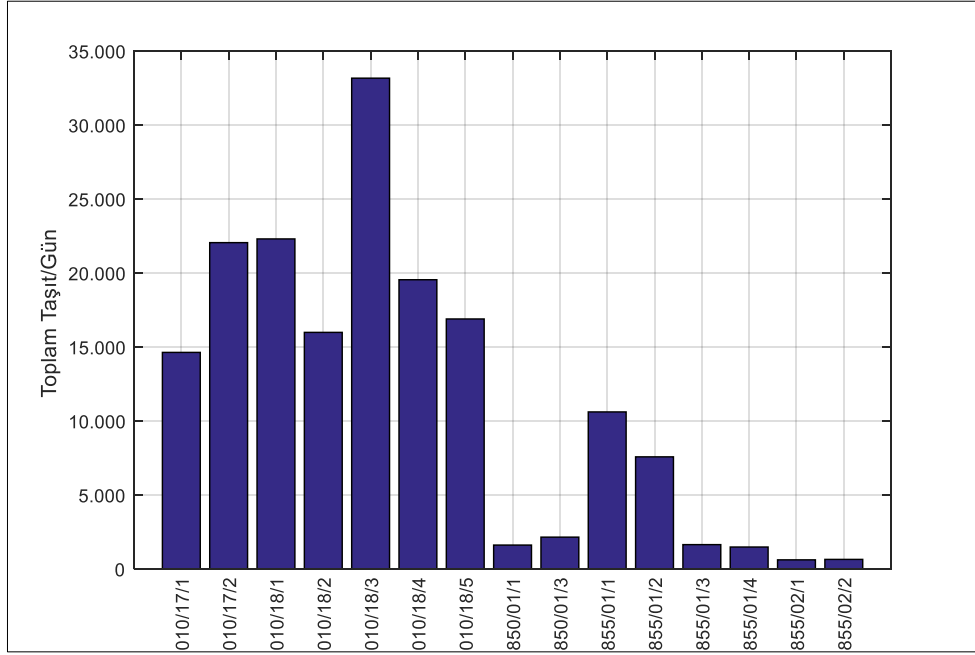
Bulgu ve Sonuçlar

Taşıt Sayımları

Bu çalışma kapsamında Ordu ili genelinde Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından taşıt sayımı yapılan 15 önemli noktada seyir halindeki taşıtlardan kaynaklı

²³ EAA (European Environment Agency), *EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook-2007*, 2007.

emisyon miktarları hesaplanmıştır. Taşıt sayımı yapılan caddelerdeki toplam taşıt sayıları Şekil 3’de görülmektedir.



Şekil 3. Sayım yapılan caddelerde yıllık ortalama günlük taşıt sayıları

Dağılımlar incelendiğinde sayım yapılan karayollarında günlük 170762 taşıtın seyir halinde olduğu görülmektedir. Karadeniz sahil yolu boyunca trafik yoğunluğunun daha fazla olduğu görülmekte olup en fazla taşıt Ordu kent merkezindeki 010-18/3 numaralı karayolunda (33154) sayılmıştır. Bunu Fatsa ilçe merkezindeki 010-18-1 numaralı karayolu (22292) ve Ünye-Fatsa arasındaki 010-17-2 numaralı sahil yolu (22041) takip etmektedir. Ayrıca Gülyalı ilçesinde bulunan havaalanı nedeniyle Ordu-Gülyalı arasında bulunan 010-18-4 numaralı karayolunda da yoğunluk görülmektedir (19533).

Sayım yapılan karayollarında taşıtların türlerine göre dağılımlar incelendiğinde otomobillerin %75,2 ile en fazla dağılıma sahip olduğu görülmektedir. Bunu, %16,6 ile kamyonlar, %6,6 ile orta yüklü ticari taşıtlar ve %1,6 ile otobüsler takip etmektedir.

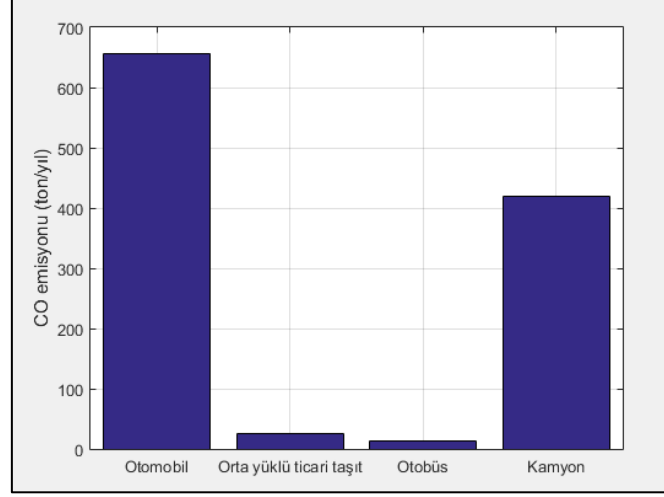
Emisyon Envanteri

Çalışmada emisyonlar taşıt sayıları, ortalama taşıt hızları ve CORINAIR emisyon faktörü veri tabanından seçilen emisyon faktörleri kullanılarak hesaplanmıştır. Emisyonlar karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO_x), uçucu organik bileşikler (VOC), partikül madde (PM₁₀) ve kükürt dioksit (SO₂) için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Taşıt sayımı yapılan tüm karayollarından kaynaklı yıllık toplam emisyon miktarları Çizelge 4'te görülmektedir.

Çizelge 4. Ordu ilinde taşıt sayımı yapılan tüm karayollarından kaynaklanan yıllık toplam emisyon miktarları

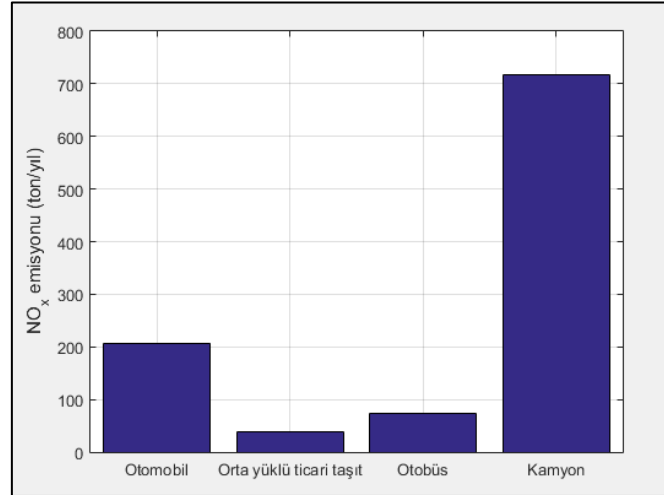
KKNO	DİLİM NO	TOPLAM TAŞIT/GÜN	OTOMOBİL					ORTA YÜKLÜ TİCARİ TAŞIT					OTOBÜS					KAMYON				
			CO	NO _x	VOC	PM	SO ₂	CO	NO _x	VOC	PM	SO ₂	CO	NO _x	VOC	PM	SO ₂	CO	NO _x	VOC	PM	SO ₂
			(TON/YIL)					(TON/YIL)					(TON/YIL)					(TON/YIL)				
010-17	1	14624	52,82	13,52	3,86	1,54	0,09	3,14	3,42	0,24	0,81	0,007	1,24	6,91	0,33	0,60	0,006	32,88	57,44	3,23	3,80	0,05
010-17	2	22041	174,5	49,13	13,2	2,42	0,38	5,31	8,76	0,73	2,57	0,02	3,53	19,34	0,99	0,60	0,01	108,6	182,98	12,07	4,52	0,16
010-18	1	22292	41,57	13,42	3,93	1,45	0,09	1,31	2,12	0,17	0,61	0,006	0,76	4,19	0,21	0,13	0,003	23,45	39,83	2,54	0,97	0,03
010-18	2	15977	113,3	34,83	9,95	2	0,26	0,89	1,37	0,11	0,40	0,003	3,86	21,12	1,08	0,65	0,02	116,4	202,9	11,89	4,74	0,17
010-18	3	33154	61,25	20,13	10,24	1,73	0,16	3,91	6,05	0,61	1,63	0,01	1,61	7,79	0,51	0,27	0,005	37,15	60,05	4,88	1,70	0,05
010-18	4	19533	93,97	25,31	6,8	1,80	0,18	2,77	4,2	0,33	1,20	0,01	1,61	8,98	0,43	0,27	0,007	54,07	92,95	5,76	2,23	0,08
010-18	5	16882	28,37	9,21	2,75	1,36	0,05	1,46	1,94	0,15	0,52	0,01	0,72	3,99	0,19	0,12	0,003	18,01	30,33	1,89	0,73	0,02
850-01	1	1604	2,85	2,97	1,35	1,12	0,005	0,17	0,3	0,02	0,09	0,0008	0,003	0,02	0,001	0,0005	0,0009	0,95	1,67	0,11	0,04	0,0013
850-01	3	2140	3,42	3,15	1,42	1,15	0,008	0,22	0,4	0,04	0,11	0,001	0,04	0,18	0,01	0,006	0,0001	2,08	3,59	0,25	0,09	0,003
855-01	1	10601	16,36	6,85	2,29	1,27	0,04	0,85	1,36	0,11	0,40	0,003	0,02	0,08	0,004	0,003	0,0006	5,24	9,35	0,6	0,23	0,009
855-01	2	7566	42,3	13,08	4,24	1,27	0,09	1,72	2,77	0,88	0,80	0,008	0,05	0,05	0,02	0,009	0,0002	7,58	14,69	0,87	0,33	0,01
855-01	3	1634	10,85	5,01	2,47	1,22	0,03	1,01	2,37	0,17	0,50	0,005	0,07	0,35	0,02	0,01	0,0002	6,14	10,46	0,79	0,28	0,009
855-01	4	1472	4,88	3,63	1,54	1,16	0,011	0,41	0,75	0,16	0,22	0,002	0,04	0,19	0,01	0,007	0,0001	2,47	4,24	0,3	0,11	0,004
855-02	1	606	5,19	3,61	1,78	1,17	0,016	0,68	0,88	0,09	0,23	0,002	-	-	-	-	-	1,73	2,95	0,26	0,09	0,002
855-02	2	636	4,97	3,53	1,77	1,17	0,009	0,68	0,83	0,08	0,20	0,002	0,02	0,08	0,006	0,003	0,0003	2,46	4,12	0,41	0,14	0,003
TOPLAM		170762	656,6	207,4	67,59	21,83	1,4	24,5	37,5	3,89	10,29	0,09	13,6	73,3	3,8	2,67	0,06	419,21	717,6	45,85	20	0,6

Şekil 4'te atmosfere salınan toplam CO emisyonunun taşıt türlerine göre dağılımı görülmektedir. Buna göre yıllık CO emisyon değeri otomobiller için 656,6 ton, orta yükü ticari taşıtlar için 24,5 ton, otobüsler için 13,6 ton ve kamyonlar için 419,2 ton olarak hesaplanmıştır. CO emisyonu için en büyük payın %58,9 ile otomobillere ait olduğu görülmektedir. Buna sırasıyla %37,6 ile kamyonlar, %2,20 ile orta yükü ticari taşıtlar ve %1,22 ile otobüsler katkı sağlamaktadır.



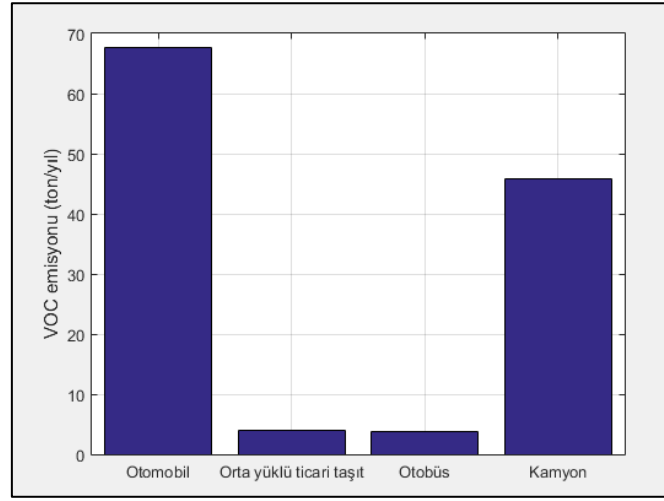
Şekil 4. Taşıt türlerine göre atmosfere salınan toplam CO emisyonu değerleri (ton/yıl)

Şekil 5'te atmosfere salınan toplam NO_x emisyonunun taşıt türlerine göre dağılımı görülmektedir. Buna göre yıllık NO_x emisyon değeri otomobiller için 207,4 ton, orta yükü ticari taşıtlar için 37,5 ton, otobüsler için 73,3 ton ve kamyonlar için 717,6 ton olarak hesaplanmıştır. NO_x emisyonu için en büyük payın %69,3 ile kamyonlara ait olduğu görülmektedir. Buna sırasıyla %20 ile otomobiller, %7,08 ile otobüsler ve %3,62 ile orta yüklü ticari taşıtlar katkı sağlamaktadır.



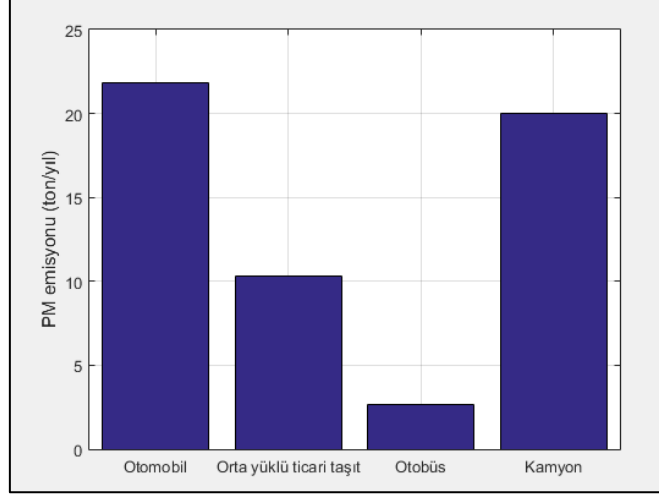
Şekil 5. Taşıt türlerine göre atmosfere salınan toplam CO emisyonu değerleri (ton/yıl)

Şekil 6’te atmosfere salınan toplam VOC emisyonunun taşıt türlerine göre dağılımı görülmektedir. Buna göre yıllık VOC emisyon değeri otomobiller için 67,6 ton, orta yükü ticari taşıtlar 3,9 ton, otobüsler için 3,8 ton ve kamyonlar için 45,85 ton olarak hesaplanmıştır. VOC emisyonu için en büyük payın %55,9 ile otomobillere ait olduğu görülmektedir. Buna sırasıyla %37,8 ile kamyonlar, %3,2 ile orta yükü ticari taşıtlar ve %3,1 ile otobüsler katkı sağlamaktadır.



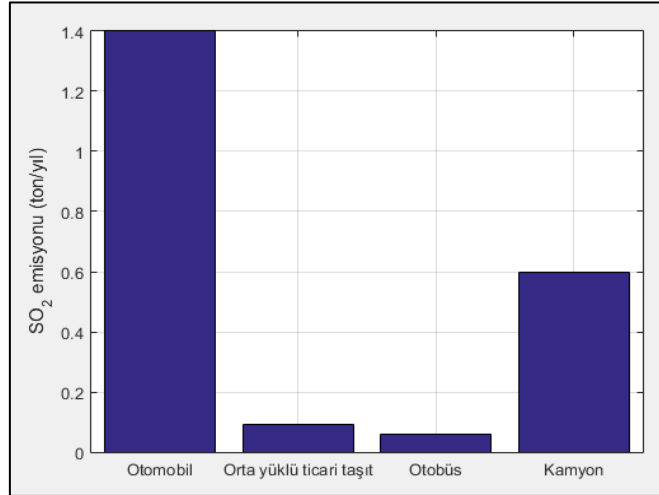
Şekil 6. Taşıt türlerine göre atmosfere salınan toplam VOC emisyonu değerleri (ton/yıl)

Şekil 7’te atmosfere salınan toplam PM emisyonunun taşıt türlerine göre dağılımı görülmektedir. Buna göre yıllık PM emisyon değeri otomobiller için 21,8 ton, orta yükü ticari taşıtlar 10,3 ton, otobüsler için 2,7 ton ve kamyonlar için 20 ton olarak hesaplanmıştır. PM emisyonu için en büyük payın %39,8 ile otomobillere ait olduğu görülmektedir. Buna sırasıyla %36,5 ile kamyonlar, %18,8 ile orta yükü ticari taşıtlar ve %4,9 ile otobüsler katkı sağlamaktadır.



Şekil 7. Taşıt türlerine göre atmosfere salınan toplam PM emisyonu değerleri (ton/yıl)

Şekil 8’te atmosfere salınan toplam SO₂ emisyonunun taşıt türlerine göre dağılımı görülmektedir. Buna göre yıllık SO₂ emisyon değeri otomobiller için 1,4 ton, orta yükü ticari taşıtlar 0,09 ton, otobüsler için 0,06 ton ve kamyonlar için 0,6 ton olarak hesaplanmıştır. SO₂ emisyonu için en büyük payın %65,1 ile otomobillere ait olduğu görülmektedir. Buna sırasıyla %27,9 ile kamyonlar, %4,2 ile orta yüklü ticari taşıtlar ve %2,8 ile otobüsler katkı sağlamaktadır.



Şekil 8. Taşıt türlerine göre atmosfere salınan toplam SO₂ emisyonu değerleri (ton/yıl)

Değerlendirme ve Öneriler

Bu çalışmada, 2017 yılında Ordu ili genelinde T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından taşıt sayımı yapılan 15 ayrı güzergahta seyir halindeki taşıtlardan kaynaklanan emisyon miktarları emisyon faktörü, taşıt sayısı ve yol uzunluğu kullanılarak hesaplanmıştır. Emisyonlar MATLAB programlama dili kullanılarak 5 kirletici için (CO, NO_x, VOC, PM ve SO₂) ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Sonuçlar 2017 yılında Ordu ili genelinde taşıt sayımı yapılan 15 ayrı güzergahtan atmosfere salınan kirletici miktarlarının CO için 1113,9 ton, NO_x için 1305,8 ton, VOC için 121,1 ton, PM için 54,8 ton ve SO₂ için 2,15 ton olduğunu göstermektedir. Otomobiller CO, VOC, PM ve SO₂ kirleticileri için sırasıyla %58,9, %55,9, %39,8 ve %65,1 değerleri ile en büyük paya sahiptir. NO_x emisyonu için en büyük kirletici kaynağı %69,3 ile kamyonlardır. Atmosfere salınan tüm kirleticiler içinde kamyonlar %51,7 ile en büyük paya sahiptir. Bunu sırasıyla %41 ile otomobiller, %4,01 ile otobüsler ve %3,3 ile orta yüklü ticari taşıtlar takip etmektedir.

Türkiye'de 1 Ocak 2011 tarihi itibariyle rafineriden kırsal motorin satışı ve bununla ilgili ithalatlar durdurulmuş ve 1 Nisan 2011 tarihinden itibaren akaryakıt bayilerinde satışı yasaklanmıştır. Böylece otomotiv yakıtlarındaki en yüksek kükürt oranı motorin ve benzinde 10 ppm, oto LPG'de ise 50 ppm olarak uygulanmaya başlanmıştır. Bu gelişmenin motorlu taşıtlardan atmosfere salınan kükürt dioksit emisyonunu oldukça düşürdüğü sonucuna varılmıştır.

Türkiye'de emisyon envanterlerinin hesaplanmasında taşıtların kullandıkları yakıt türlerine ve motor teknolojisine göre dağılımlarındaki veri eksikliği büyük bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle bu tip güncel verilerin literatüre kazandırılması önem arz etmektedir.

Emisyon sonuçları incelendiğinde özellikle Ordu merkezindeki güzergahlarda kirletici miktarlarının fazla olduğu görülmektedir. Bu nedenle halen yapımına devam edilmekte olan çevre yolunun Ordu'ya acilen kazandırılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Bouarar, I., Brasseur, G., Petersen, K., Granier, C., Fan, Q., Wang, X., Wang, L., Ji, D., Liu, Z., Xie, Y., Gao, W., Elguindi, N., “Influence Of Anthropogenic Emission Inventories On Simulations Of Air Quality İn China During Winter And Summer 2010”, *Atmospheric Environment*, C.198, 2019, s.236-256.
- Mimi, G., Shasha, Y., Xingke, G., Yuanqian, X., Nan, J., Ruiqin, Z., “Refined 2013-Based Vehicle Emission Inventory and Its Spatial and Temporal Characteristics İn Zhengzhou, China”, *Science of the Total Environment*, C.599, 2017, s.1149-1159.
- Kampa, M., Castanas, E., “Human Health Effects Of Air Pollution”, *Environment Pollution*, C.151, 2008, s.362–367.
- Hamra, G.B., Laden, F., Cohen, A.J., Raaschou-Nielsen, O., Brauer, M., Loomis, D., “Lung Cancer And Exposure To Nitrogen Dioxide And Traffic: A Systematic Review And Meta-Analysis”, *Environ. Health Perspect.*, C.123, S.11, 2015, s.1107-1112.
- Han, C., Lim, Y., Yorifuji, T., Hong, Y., “Air Quality Management Policy And Reduced Mortality Rates İn Seoul Metropolitan Area: A Quasi-Experimental Study”, *Environment International*, C.121, 2018, s.600-609.
- Dias, D., Amorim, J.H., Sa, E., Borrego, C., Fontes, T., Fernandes, P., Pereira, S.R., Bandeira, J., Coelho, M.C., Tchepel, O., “Assessing The İmportance Of Transportation Activity Data For Urban Emission Inventories”, *Transportation Research Part D*, C.62, 2018, s.27-35.
- Yang, W., Yu, C., Yuan, W., Wu, X., Zhang, W., Wang, X., “High-Resolution Vehicle Emission Inventory And Emission Control Policy Scenario Analysis, A Case İn The Beijing-Tianjin-Hebei (BTH) Region, China”, *Journal of Cleaner Production*, C.203, 2018, s.530-539.
- Madrazo, J., Clappier, A., Belalcazar, L.C., Cuesta, O., Contreras, H., Golay, F., “Screening Differences Between A Local İventory And The Emissions Database For Global Atmospheric Research (EDGAR)”, *Science of the Total Environment*, C.631, 2018, s.934-941.
- EC, 2008. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe (OJ L 152, 11.6. 2008).
- Alyuz, U., Alp, K., “Emission İventory Of Primary Air Pollutants İn 2010 From Industrial Processes İn Turkey”, *Science of the Total Environment*, C.488, 2014, s.369–381.

- Ma, X., Sha T., Wang, J., Jia, H., Tian, R., “Investigating Impact Of Emission Inventories On PM_{2.5} Simulations Over North China Plain By WRF-Chem”, *Atmospheric Environment*, C.195, 2018, s.125–140.
12. Lonati, G., Giugliano, M., Butelli, P., Romele, L., Tardivo, R., “Major Chemical Components of PM_{2.5} in Milan (Italy)”, *Atmospheric Environment*, C.39, 2005, s.1925–1934.
- Niemeier, D.A., “The Impact Of Incorporating Spatial, Temporal Variability On Running Stabilized Mobile Emissions Inventories”, *Atmospheric Environment*, C.37, 2003, s.27–37.
- Saija, S., Romano, D., “A methodology for the estimation of road transport air emissions in urban areas of Italy”, *Atmospheric Environment*, C.36, 2002, 5377–5383.
- Ergeneman, M., Mutlu, M., Kutlar, O. A. ve Arslan, H., “Taşıt Egzozundan Kaynaklanan Kirlenmeler”, *İstanbul, Birsen Yayınevi*, İstanbul 1998.
- Adamovic, D., Doric, J., Miloradov, M., V., Adamovic, S., Pap, S., Radonic, J., Sekulic, M., T., “The Emission Of BTEX Compounds During Movement Of Passenger Car In Accordance With The NEDC”, *Science of the Total Environment*, C.639, 2018, s.339-349.
- Seinfeld, J.H., Pandis, S.N., “Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change”, Wiley, NY, 2006, s.408-442.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, “Ordu İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu”, 2017, <http://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/son-2017-ordu-il--cevre-durum-raporu>
- KGM, T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, “2017 TRAFİK VE ULAŞIM BİLGİLERİ”, 2017, <http://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/son-2017-ordu-il--cevre-durum-raporu>
- Koca, H., Elbir, T., “Bir Üniversite Yerleşkesi İçinde Karayolu Trafikinden Kaynaklanan Hava Kalitesinin Belirlenmesi”, *Hava Kirliliği Araştırma Dergisi*, C.2, 2013, s.45-54.
- EAA (European Environment Agency), “EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook-2007”, 2007.

METAL KAPLAMA ATIK SULARI VE ARITIMI

Mehmet Emin AYDIN

Necmettin Erbakan Üniversitesi

Canan SOĞUKPINAR

Necmettin Erbakan Üniversitesi

Prof. Dr. Senar AYDIN

Necmettin Erbakan Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Arzu ULVI

Necmettin Erbakan Üniversitesi

Özet: Metal kaplama sanayi hızla gelişen sanayi dalları arasında önemli bir yer tutmaktadır. Metal kullanımı gün geçtikçe artmakta ve buna paralel olarak korozyon nedeniyle meydana gelen malzeme ve iş gücü kaybı ciddi boyutlara ulaşmaktadır. Metal veya alaşımların yüzeyini korozyona karşı dayanıklı hale getirmenin en sık başvurulan yöntemlerinden biri ikinci bir metalle kaplama yöntemidir. Kaplama ile yüzeyin yapısı ve vasfı değiştirilerek, kaplama yapılan malzemenin; görünüşü (parlaklık, renk), paslanmaya karşı dayanıklılığı, aşınmaya karşı dayanıklılığı, kayganlığı, elektrik iletkenliği, lehimlenebilirliği gibi özellikleri daha iyi bir duruma getirilir. Metal kaplama çeşitleri krom kaplama, nikel kaplama, çinko kaplama, fosfat kaplama vb. şeklinde sıralanabilir. Metal kaplama tesislerinde oluşan toplam sıvı atıklar fazla hacimli değildir, ancak çok tehlikelidir. Oldukça toksik atıklardır. En önemli toksik bileşenleri metaller, asitler, krom, nikel, kalay ve siyanürlerdir. Metal kaplama tesislerinin atık suları hem alkali hem de asidik özellikte olabilir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde Metal Sanayi Atık Sularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları, Konya Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği'nde Kanalizasyon şebekesine deşarj edilecek endüstriyel atıksularda sağlanması gereken sınır değerler verilmiştir. Metal kaplama tesisleri atık sularında uygulanması gereken arıtma işlemleri siyanürlerin oksidasyonu, +6 değerlikli kromun +3 değerlikli hale indirgenmesi ve çöktürülmesi, asit atıkların nötralizasyonu, metal atıklarının kimyasal yolla çöktürülmesi, çökeltim, iyon değişimi, ters ozmos, nötralizasyon şeklinde sıralanabilir. Metal kaplamada kullanılan kaplama tuzlarını geri kazanmak üzere iyon değişimi veya ters ozmos kullanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Metal kaplama endüstrisi, giderim, atıksu.

Abstract: Metal coating industry has an important place among the rapidly developing industries. The use of metal increases day by day and parallel to this, the loss of materials and work force due to corrosion reaches serious dimensions. One of the most common methods of making the surface of metals or alloys resistant to corrosion is a second metal coating method. The structure and character of the surface are changed by coating. coating of the material made; The properties such as its appearance (gloss, color), corrosion resistance, wear resistance, lubricity, electrical conductivity, solderability are improved. Metal plating types include chrome plating, nickel plating, zinc plating, phosphate coating etc. It can be listed as. Total liquid wastes generated in metal plating plants are not too bulky, but they are very dangerous. They are very toxic waste. The most important toxic components are metals, acids, chromium, nickel, tin and cyanides. Wastewater from metal coating plants can be both alkaline and acidic. Discharge Standards of Metal Industry Wastewater in Water Pollution Control Regulation, Konya Water and Sewerage Administration General Directorate Waste Water Wastewater Discharge Regulation on Sewerage to be discharged to the sewer network to be provided in industrial wastewater limit values are given. The treatment processes of the metal plating plants in the wastewater treatment can be listed as the oxidation of cyanides, the reduction of the +6 valence chromium to +3 valence and precipitation, the neutralization of acid wastes, the chemical precipitation of the metal wastes, the sedimentation, ion exchange, reverse osmosis, neutralization. Ion exchange or reverse osmosis is used to recover the coating salts used in metal coating.

Key Words: Metal coating industry, removal, wastewater.

1.GİRİŞ

Gün geçtikçe artan metal kullanımında metallerin ömrünü artırmak, korozyona karşı dayanıklı hale getirmek için metallerin yüzeyi ikinci bir metalle kaplanmaktadır. Son zamanlarda metal kaplama sanayide önemli sanayi dalları arasına girmiştir. Suyun ve toprağın kirlenmesine genellikle, antropojenik aktivite neden olur, bu da endüstrinin en büyük kaynağıdır. Metal kaplama endüstrisi, büyük miktarda atık su üreten ana kimyasal proseslerden biridir. Metal kaplama endüstrisi, ağır metaller, çözücüler ve temizlik maddeleri, alkali ajanları, yağlar gibi çeşitli toksik maddeler içerir (Lee ve diğ., 2016). Sudaki yüksek ağır metal seviyeleri sudaki yaşam ve insanlar için ciddi bir tehdit oluşturur. Bu zararlı ağır metaller küresel olarak askeri, endüstriyel, tarımsal ve atık bertarafı gibi çeşitli faaliyetlerden üretilmektedir (Zamil ve diğ., 2009). Metal kaplama atık suları çevresel ortamlardaki ağır metal kaynaklarından biridir. Bu atık sular çeşitli zararlı ağır metal türlerini (örneğin, krom, nikel,

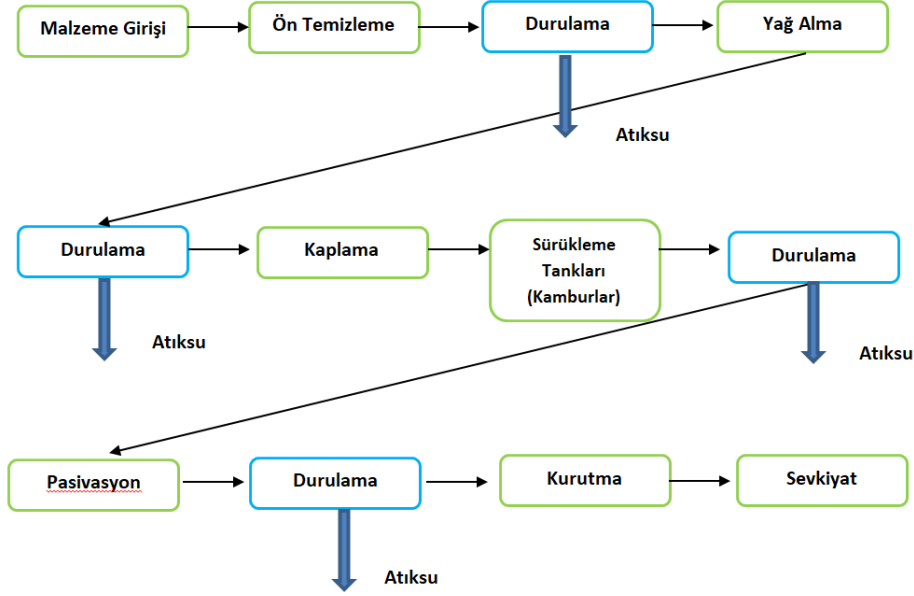
bakır, çinko) yüksek konsantrasyonlarda, hatta birkaç yüz mg/L'ye kadar içerir (Malamis ve diğ., 2012).

Metall kaplama atık suyunun arıtılmadan atık su arıtma sistemlerine deşarj edilmesi, yüksek toksik potansiyel nedeniyle ciddi sorunlara yol açmaktadır ve bu durum atık su arıtma tesisindeki aktif çamurun mikrobiyal aktivitesini etkileyebilir (Hunsom ve diğ., 2005). Giderimi üzerine tasarlanmayan tesisler arıtılmadan çıkış suyuyla alıcı ortama deşarj edilen metaller çevre sağlığını tehdit ederler.

Konya Organize Sanayi Bölgesinde 40 farklı sektörde, 417 işletme faaliyet gösterirken 30.000 den fazla istihdam sağlanmaktadır. Konya Organize Sanayi Bölgesinde bulunan sektör türleri gıda, maden, tekstil, petrol, selüloz, kağıt, karton, kimya, metall, metall kaplama, seri makine imalatı, elektrik makineleri ve yedek parça sanayi sektörüdür. Metall kaplama endüstrileri diğler endüstrilerden daha fazla türde ve konsantrasyonlarda ağır metall içerirler. Bu yüzden ayrı toplanmaları ve arıtılmaları gerekmektedir.

2. METALL KAPLAMA AŞAMALARI

Metall kaplama endüstrisinde kullanılan bir çok proses ve temel işlem mevcuttur. Genel olarak uygulanan prosesler temizleme ve ara kaplama, boyama, metall kaplama olarak gruplandırılabilir. Şekil 1'de metall kaplama genel iş akış şeması verilmiştir. Ön Temizleme aşamasında malzemeler polisaj makinelerinde yüzey temizleme işlemine tabi tutulur. Kaplama işleminden önce malzeme iyice temizlenerek yağ ve oksitlenmelerden arındırılır. Her uygulamadan sonra malzemenin yıkanması zorunludur (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012). Şekilde görüldüğü gibi metall kaplama endüstrisinde uygulanan durulama aşamalarında atıksu oluşmaktadır.



Şekil 1. Metal Kaplama Genel İş Akım Şeması

3. METAL KAPLAMA ÇEŞİTLERİ

Metal kaplama endüstrisinde farklı teknik dökümanlara uygun olarak farklı metaller kullanılmaktadır. Sıklıkla uygulanan kaplama çeşitleri krom kaplama, nikel kaplama, çinko kaplama olarak verilebilir. Krom kaplama ısıya ve ışığa karşı dirençlidir, yüksek yüzey sertliği vardır, pürüzsüz bir yüzeye sahiptir, bu nedenle genellikle iş aletlerinin direncini arttırmak ve yüzeyini korozyona karşı korumak için yapılır. Nikel kaplama daha çok dekoratif amaçla kullanılan, tek başına korozyondan korumaya yeterli olmayan kaplama türüdür. Çinko kaplama iyi yapışabilme ve şekil verme özelliklerine sahiptir ve uzun ömürlü, dayanıklıdır. Tablo 1’de kaplama endüstrisinde kullanılan bazı metaller ve kullanım amaçları verilmiştir. Dekoratif amaçlı, mühendislik ve koruma amaçlı metal kaplama işleminin yapıldığı görülmektedir.

Tablo 1. Metal Kaplama Endüstrisinde Kullanılan Bazı Metaller ve Kullanım Amaçları (Demirer ve Öz, 2018)

Metal adı	Kullanım amacı
Çinko	Koruma, dekoratif
Nikel	Koruma, dekoratif, mühendislik
Bakır	Dekoratif, mühendislik
Krom	Dekoratif, mühendislik
Kalay	Koruma, dekoratif
Gümüş	Dekoratif, koruma, mühendislik
Rodyum	Dekoratif, mühendislik
Paladyum	Dekoratif, mühendislik
Rutenyum	Dekoratif, mühendislik
Platin	Mühendislik

4. METAL KAPLAMA ENDÜSTRİSİ ATIKSULARI

Metal kaplama endüstrileri oldukça kompleks atıksulara sahiptirler ve her endüstrinin atıksuyunun karakterizasyonu farklıdır. Bünyelerinde birçok toksik elementi ve kullandıkları prosese göre farklı metalleri içerirler. Tablo 2’de Ürdün’de bulunan bir metal kaplama endüstrisi atıksuyunun karakterizasyonu verilmiştir.

Tablo 2. Ürdün de bir metal kaplama endüstrisinin atıksularının bazı fiziko-kimyasal karakteristiği (Al-Shannag ve diğ., 2015)

Parametre	Konsantrasyon	Birim
pH	9.6-0.3	-
Cr ⁺³	93.2-2.2	ppm
Cu ⁺²	33.3-1.1	ppm
Ni ⁺²	57.6-1.2	ppm
Zn ⁺²	20.4-0.8	ppm
Elektriksel iletkenlik	8.9-0.2	ms/cm
Renk	Sarı	-

Çevre ve Orman Bakanlığı'nın 31 Aralık 2004 tarih ve 25687 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği "5. Bölüm Atıksuların Boşaltım İlkeleri" Kanalizasyon Sistemlerine Boşaltım, Endüstriyel Atıksu Deşarj Standartları Madde 31; k bendinde Metal sanayii sektörleri için deşarj standartları verilmiştir. Ayrıca Konya Su Ve Kanalizasyon İdaresi (KOSKİ) Genel Müdürlüğü, Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliği'nde de Konya ili için bazı sınır değerler mevcuttur. Tablo 3'de KOSKİ kanalizasyon şebekesine deşarj sınır değerleri verilmiştir.

Tablo 3. KOSKİ kanalizasyon şebekesine deşarj sınır değerleri

Parametreler	Verilebilir Maksimum Değer
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	1000 mg/L
Askıda Katı Madde (AKM)	400 mg/L
Toplam Azot (N)	60 mg/L
Toplam Fosfor (P)	20 mg/l
Yağ ve Gres	200 mg/L
Anyonik Yüzey Aktif Madde (Deterjan)	Biyolojik olarak parçalanması mümkün olmayan Yüzey aktif maddelerin deşarjı yasaktır.
Arsenik (As)	3 mg/l
Amtimon (Sb)	3 mg/L
Kalay (Sn)	5 mg/L
Bor(B)	3 mg/L
Kadmiyum (Cd)	2 mg/L
Toplam - Krom (Cr)	5 mg/L
Bakır (Cu)	2 mg/L
Kurşun (Pb)	3 mg/L

Tablo 3 (devam). KOSKİ kanalizasyon şebekesine deşarj sınır değerleri

Nikel (Ni)	5 mg/L
Çinko (Zn)	10 mg/L
Civa (Hg)	0.2 mg/L
Gümüş (Ag)	5 mg/L
Toplam Siyanür (CN) -	10 mg/L
Fenoller	10 mg/L
Toplam Sülfür (S)	2 mg/L
Sülfat (SO4)	1700 mg/L
Sıcaklık #	40 �C
PH **#	6-10
Serbest klor	5 mg/L
Balık Bioteneyi (ZSF)***	8

5. METAL KAPLAMA ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ ARITIMI

Metal kaplama atık suyunun arıtılması için adsorpsiyon, biyolojik adsorpsiyon ve fitoremediasyon, kimyasal pıhtılaşma ve okeltme, elektrokimyasal yöntemler, elektro-diyaliz, iyon değişimi, membran dahil olmak üzere çeşitli arıtma işlemleri kullanılabilir. Ağır metallerin oznmeyen bir hidroksit formunda okertilmesi, ağır metal atık suyunun arıtılmasında en etkili ve ekonomik yöntemlerden biridir (Agri-diotis ve diğ., 2007). Tablo 4’de farklı yöntemler kullanılarak elde edilen metal giderim verimleri görülmektedir. Kimyasal oktrme, iyon değişirme, ters osmos prosesleri ile yüksek giderim verimlerinin elde edildiği görülmüştür.

Tablo 4. Farklı metotlar kullanılarak elde edilen metal giderim verimleri

Metaller	Giderim metodu	Giderim oranı %	Kaynak
Cu ⁺² , Zn ⁺² , Cr ⁺³ , Pb ⁺²	Kimyasal çöktürme	99.37-99.6	Chen ve diğ., 2009
Cu ⁺² , Zn ⁺² , Pb ⁺²	Kimyasal çöktürme	100>94 >92	Alvarez ve diğ., 2007
Cr ⁺³	Kimyasal çöktürme	>99	Guo ve diğ., 2006
Hg ⁺²	Kimyasal çöktürme	>99.9	Blue ve diğ., 2008
Pb ⁺²	İyon değiştirme	Giderilmedi	Inglezakis ve Grigoropoulou, 2003
Pb ⁺²	İyon değiştirme	55	Inglezakis ve diğ., 2007
Ni ⁺²	İyon değiştirme	Giderilmedi	Rodríguez-Iznaga ve diğ., 2002
Ni ⁺²	İyon değiştirme	93.6	Argun, 2008
Zn ⁺²	İyon değiştirme	100	Athanasiadis ve Helmreich, 2005
Cu ⁺² , Ni ⁺²	Ters osmos	99.5	Mohsen-Nia ve diğ., 2007
Cu ⁺²	Ters osmos	70-95	Zhang ve diğ., 2009
As	Ters osmos	As(V) 91-99, As(III) 20-55	Chan ve Dudeney, 2008
Ni ⁺² , Zn ⁺²	Ters osmos	99.3	Ipek, 2005
Cu ⁺²	Ters osmos+ nanofiltrasyon	>95	Cséfalvay ve diğ., 2009
Cu ⁺²	Ters osmos+ nanofiltrasyon	95-99	Sudilovskiy ve diğ., 2008

6. SONUÇ

Ağır metallerden bazılarının iz konsantrasyonları organizmaların yaşamlarını devam ettirebilmeleri için gerekli olmalarına rağmen bütün ağır metallerin çok düşük konsantrasyonları dahil çevre ve insan sağlığına negatif etki ortaya çıkarabilir. Ağır metaller insan vücudunda kimyasal reaksiyonlara, fizyolojik ve taşınım mekanizmalarına etki ederler, kanserojen, mutojen, alerjen ve bazı spesifik etkileri vardır. Çevresel ortamlardaki ağır metallerin önemli kaynaklarından biride endüstriyel deşarjlarıdır.

Oldukça toksik metalleri içeren metal kaplama endüstrilerinin atıksuları için uygun arıtma yöntemleri belirlenerek, hem metallerin geri kazanımı hem de atıksuların daha zararsız hale gelmesi sağlanmalıdır. Konya’da bulunan metal kaplama endüstrilerinin de aynı sanayi sitesine yerleştirilerek atıksularının ayrı arıtılması planlanmaktadır. Böylece oldukça toksik olan atıksular için uygun arıtma yöntemleri belirlenerek arıtılacaktır.

KAYNAKLAR

- Al-Shannag, M., Al-Qodah, Z., Bani-Melhem, K., Qtaishat, M.R., Alkasrawi, M., (2015) "Heavy metal ions removal from metal plating wastewater using electrocoagulation: kinetic study and process performance" *Chemical Engineering Journal* 260, 749–756.
- Alvarez, M.T., Crespo, C., Mattiasson, B., (2007) "Precipitation of Zn(II), Cu(II) and Pb(II) at bench-scale using biogenic hydrogen sulfide from the utilization of volatile fatty acids" *Chemosphere* 66, 1677-1683.
- Argun, M.E., (2008) "Use of clinoptilolite for the removal of nickel ions from water: kinetics and thermodynamics" *Journal of Hazardous Materials* 150, 587-595.
- Athanasiadis, K., Helmreich, B., (2005) "Influence of chemical conditioning on the ion exchange capacity and on kinetic of zinc uptake by clinoptilolite" *Water Research* 39, 1527-1532.
- Blue, L.Y., Van Aelstyn, M.A., Matlock, M., Atwood, D.A., (2008) "Low-level mercury removal from groundwater using a synthetic chelating ligand" *Water Res.* 42, 2025-2028.

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetim Genel Müdürlüğü, (2012) “Metal Kaplama Galvanizasyon” Rehber Doküman.
- Chan, B.K.C., Dudeney, A.W.L., (2008) “Reverse osmosis removal of arsenic residues from bioleaching of refractory gold concentrates” *Minerals Engineering* 21, 272-278.
- Chen, Q.Y., Luo, Z., Hills, C., Xue, G., Tyrer, M., (2009) “Precipitation of heavy metals from wastewater using simulated flue gas: sequent additions of fly ash, lime and carbon dioxide” *Water Research* 43, 2605-2614.
- Cséfalvai, E., Pauer, V., Mizsey, P., (2009) “Recovery of copper from process waters by nanofiltration and reverse osmosis” *Desalination* 240, 132-142.
- Demirer A., Öz A., (2018) “Metalik kaplamalarda ortaya çıkan riskler tehlikeler ve meslek hastalıklarının araştırılması” *Teknik Bilimlerde Güncel Yaklaşımlar*, 61-101.
- Guo, Z.R., Zhang, G.M., Fang, J.D., Dou, X.D., (2006) “Enhanced chromium recovery from tanning wastewater” *Journal of Cleaner Production* 14, 75-79.
- Hunsom, M., Pruksathorn, K., Damronglerd, S., Vergnes, H., Duverneuil, P., (2005) “Electrochemical treatment of heavy metals (Cu²⁺, Cr⁶⁺, Ni²⁺) from industrialeffluent and modeling of copper reduction” *Water Research* 39, 610–616.
- Inglezakis, V.J., Grigoropoulou, H.P., (2003) “Modeling of ion exchange of Pb²⁺ in fixed beds of clinoptilolite” *Microporous and Mesoporous Materials* 61, 273-282.
- Inglezakis, V.J., Stylianou, M.A., Gkantzou, D., Loizidou, M.D., (2007) “Removal of Pb(II) from aqueous solutions by using clinoptilolite and bentonite as adsorbents” *Desalination* 210, 248-256.
- Ipek, U., (2005) “Removal of Ni(II) and Zn(II) from an aqueous solution by reverse osmosis” *Desalination* 174, 161-169.
- Konya Su Ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, (2009) “Atıksuların Kanalizasyon Şebekesine Deşarj Yönetmeliğı” Koski Genel Müdürlüğü.
- Lee, C.-G. Song, M.-K. Ryu, J.-C. Park, C. Choi, J.-W., (2016), “Sang-Hyup Lee Application of carbon foam for heavy metal removal from industrial plating wastewater and toxicity evaluation of the adsorbent” *Chemosphere* 153 (2016) 1-9.
- Malamis, S., Katsou, E., Kosanovic, T., Haralambous, K.J., (2012) “Combined adsorption and ultrafiltration processes employed for the removal of pollutants

- from metal plating wastewater” *Separation Science and Technology* 47, 983-996.
- Mohsen-Nia, M., Montazeri, P., Modarress, H., (2007) “Removal of Cu²⁺ and Ni²⁺ from wastewater with a chelating agent and reverse osmosis processes” *Desalination* 217, 276-281.
- Rodríguez-Iznaga, I., Gómez, A., Rodríguez-Fuentes, G., Benítez-Aguilar, A., Serrano Ballan, J., (2002) “Natural clinoptilolite as an exchanger of Ni²⁺ and NH₄⁺ ions under hydrothermal conditions and high ammonia concentration” *Microporous and Mesoporous Materials* 53, 71-80.
- Sudilovskiy, P.S., Kagramanov, G.G., Kolesnikov, V.A., (2008) “Use of RO and NF for treatment of copper containing wastewaters in combination with flotation” *Desalination* 221, 192-201.
- V. Agridiotis, C.F. Forster, C. Carliell-Marquet, (2007) “Addition of Al and Fe salts during treatment of paper mill effluents to improve activated sludge settlement characteristics” *Bioresource Technology* 98 2926–2934.
- Zamil, S.S., Ahmad, S., Choi, M.H., Park, J.Y., Yoon, S.C., (2009) “Correlating metal ionic characteristics with biosorption capacity of *Staphylococcus saprophyticus* BMSZ711 using QICAR model” *Bioresource Technology* 100, 1895-1902.
- Zhang, L.N., Wu, Y.J., Qu, X.Y., Li, Z.S., Ni, J.R., (2009) “Mechanism of combination membrane and electro-winning process on treatment and remediation of Cu²⁺ polluted water body” *Journal of Environmental Sciences* 21, 764-769.

SAPANCA GÖLÜNDE BUHARLAŞMANIN TREND ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet SANDALCI
Sakarya Üniversitesi

Özet: Türkiye'nin önemli tatlısu kaynaklarından biri olan Sapanca Gölü son zamanlarda küresel ısınmanın etkisiyle aşırı buharlaşma gibi olumsuz etkilere maruz kalmaktadır. İklim değişikliği ve küresel ısınmanın etkileri yaygın olarak sıcaklık, yağış, buharlaşma, nem, rüzgâr gibi parametreler üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda tespit edilebilmektedir. İklim değişikliğinde hava sıcaklığı, yağış ve buharlaşma son derece önemlidir. Genel olarak hava sıcaklığının artması ile buharlaşma artmaktadır. Bu çalışmada 1995-2017 yılları arasında kaydedilen aylık ortalama buharlaşma değişimleri Mann-Kendall ve Sen's eğim testi ile incelenmiştir. Buharlaşma olmasına rağmen buharlaşma ölçümü yapılmadığı için Ocak ve Şubat ayları dikkate alınmamıştır. Yıl içinde buharlaşmanın etkili olduğu Nisan ve Ekim arası tercih edilmiştir. Araştırma sonucunda yaz aylarında artan trend belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Buharlaşma, Trend Analizi, Mann-Kendall ve Sen's Eğim testi, Sapanca Gölü

Analysis of Pan Evaporation Trend in Sapanca Lake

Abstract: Recently, Sapanca Lake, one of Turkey's major water sources is exposed to negative effects of global warming such as excessive evaporation. Climate change and global warming can be determined as a result of studies on temperature, precipitation, evaporation, humidity and wind. In climate change, air temperature, precipitation and evaporation are extremely important. In general, evaporation increases with increasing air temperature. Between the years 1995-2017 the average monthly evaporation changes recorded in this study was analyzed using the Mann-Kendall and Sen's slope test. January and February were not taken into account since there was no evaporation measurement despite occurrence of evaporation. Between April and October was preferred when evaporation was effective during the year. As a result of the research, an increasing trend was determined in the summer months.

Key words: Evaporation, Trend Analysis, Mann-Kendall and Sen's Slope Test, Sapanca Lake

1. Giriş

Küresel ısınmanın neticesinde yeryüzünde birçok bölgede olumsuz değişiklikler görülmektedir. Özellikle su kaynaklarındaki buharlaşmanın artması gibi değişiklikler insanları tedirgin etmektedir. Konuyla alakalı çalışmalar ve önlemler almaya gereksinim duyulmaktadır.

İklim değişikliğinin Türkiye üzerinde de pek çok olası etkileri olması beklenmektedir. Küresel ısınmanın potansiyel etkileri açısından Türkiye risk grubu ülkeler arasında olup özellikle su kaynaklarının zayıflaması, orman yangınları, kuraklık ve çölleşme ile bunlara bağlı ekolojik bozulmalar gibi küresel ısınmanın olumsuz yönlerinden etkilenecektir (Türkeş, 1994).

Günümüze kadar yağış, sıcaklık, akım, buharlaşma gibi iklim verileriyle trend analizi dünyanın birçok yerinde farklı amaçlarla, farklı disiplinlerdeki araştırmacılar tarafından yapılmıştır. Goyal, iklim değişikliğinin dünyanın kurak bölgelerindeki buharlaşmanın artmasıyla kuraklık koşulları ve etkilerini artıracakını belirlemiştir (Goyal, 2004). Aydın ve Topaloğlu, Türkiye’de 1975 den 2006 ya kadar en az 43, en fazla 66 adet buharlaşma gözlem istasyonlarına ait yıllık buharlaşma verilerine Mann-Kendall sıra korelasyon testi uygulamış, Nisan-Ekim aylarında artma eğiliminde olduğunu saptamışlardır (Aydın ve Topaloğlu, 2010). Kale ve arkadaşları, ülkemiz batı illerinde bulunan 9 adet meteoroloji gözlem istasyonunun 43 yıllık buharlaşma, yağış ve sıcaklık gibi parametrelerle Bakırçay nehrine ait 17 yıllık veriler kullanılarak buharlaşma ve sıcaklık analizlerinde artan bir trend, nehir akış hızı ve yağış verileri analizlerinde azalan bir trend görmüştür (Kale ve diğ., 2016).

Buharlaşma eğiliminin belirlenmesi ne kadar iyi bilinirse gelecekteki belirsizlik o kadar azaltılabilir. Bundan dolayı buharlaşmanın Sapanca Gölü’ndeki geçmişini görmek ve gelecekte ne gibi bir yön izleyeceğini tahmin edebilmek için bu konuda çalışma yapılması zaruri bir hal almıştır.

2. Çalışma Bölgesi ve Veriler

Sapanca Gölü, Adapazarı ile İstanbul arasında Kocaeli sınırına yakın bölgede, Sapanca ilçesi içinde 40° N Enlem ve 30° E Boylam arasında yer alan Türkiye’nin en önemli tatlısu kaynaklarından biridir. Şekil 1’de Sapanca Gölünün genel vaziyet planı verilmiştir.



Şekil 1. Sapanca Gölü (image © 2019 DigitalGlobe Google Earth)

Sapanca Gölü, Doğu Marmara Bölgesi'nde, Sakarya kent merkezinin 12 km batısında, İzmit kentinin ise 27 km doğusunda yer alan tektonik kökenli olup doğudan batıya doğru uzanır. Gölün doğu kesimi Sakarya ilinin sınırları içerisinde, batı kesimi ise Kocaeli ilinin sınırları içinde yer almaktadır.

Bu çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından işletilen Sakarya istasyonunun 1995-2017 yılları arasında ölçülen aylık ortalama buharlaşma verileri kullanılmıştır. Alınan aylık ortalama buharlaşma ölçümleri Tablo 1.a ve b'de verilmiştir.

Tablo 1.a. Aylık Ortalama Buharlaşma (mm) Ocak-Haziran

Yıl/Aylar	O	Ş	M	N	M	H
1995	0	0	0	62,0	125,9	135,5
1996	0	0	0	58,5	124,0	137,3
1997	0	0	0	59,3	110,0	121,7
1998	0	0	0	89,2	82,1	120,5
1999	0	0	0	84,0	122,1	118,3
2000	0	0	0	91,0	146,1	166,2
2001	0	0	2,0	79,1	103,2	179,3
2002	0	0	2,3	133,8	133,8	135,0
2003	0	0	2,6	151,2	151,2	135,4

Mehmet SANDALCI

2004	0	0	2,4	115,8	115,8	169,5
2005	0	0	0,3	102,2	102,2	135,4
2006	0	0	1,9	141,8	141,8	169,5
2007	0	0	0,5	138,3	138,3	177,1
2008	0	0	0,4	130,2	130,2	190,9
2009	0	0	2,2	82,9	155,4	196,4
2010	0	0	3,0	88,4	156,7	148,7
2011	0	0	1,4	51,9	94,7	160,1
2012	0	0	3,5	114,9	115	199,8
2013	0	0	0	93,1	178,2	173,6
2014	0	0	0	86,4	124,7	137,9
2015	0	0	0	81,7	143,7	108,7
2016	0	0	0	111,6	109,6	192,6
2017	0	0	2,4	64,3	98,5	125,9

Yıl/Aylar	T	Ağ.	Ey	Ek	K	Ar.
1995	138,8	123,9	90,1	42,1	0	0
1996	142,0	123,3	66,0	39,0	0	0
1997	154,4	95,4	76,6	41,2	31,9	17,1
1998	155	149,5	91,6	54,0	29	0
1999	157,7	90,9	108,2	58,4	0	0
2000	185,6	135,7	103,6	84,4	0	0
2001	182,0	155,3	112,3	69,9	0	0
2002	173,7	110,2	71,7	50,5	0	0
2003	184,1	197,1	80,9	71,1	0	0
2004	194,8	107,3	106,6	71,6	0	0,7

2005	159,1	145,9	94,6	46,1	0	0
2006	200,7	194,4	102,2	50,9	0	1,1
2007	226,4	179,1	115,9	60,3	0	4,0
2008	214,3	210,2	113,4	60,3	2	0
2009	191,1	185,8	107,6	78,7	0	0
2010	199,1	223,3	109,4	42,6	1,4	0
2011	209,7	177,0	130,1	58,4	0	0
2012	207	193,7	133,6	95,3	2,2	0
2013	195,5	191,3	119,8	58,9	0	0
2014	167,7	164,6	92,1	60,9	0	0
2015	155,3	158,8	105,7	45,5	0	0
2016	178,6	157,5	114,3	58,1	0	0
2017	177,3	152,6	113,7	49,9	0	0

Tablo 1.b. Aylık Ortalama Buharlaşma (mm) Temmuz-Aralık

Sapanca Gölünün doğusunda yer alan Sakarya Nehri ve batısındaki İzmit Körfezi arasında, deniz seviyesinden 33 m yükseklikte yer alan gölün uzunluğu, doğu-batı doğrultusunda 16 km, eni ise kuzey-güney doğrultusunda 5 km'dir. Gölün uzun dönem ortalama yüz ölçümü 46,9 km² olup su havzasının alanı 296 km² dir. Gölün derinliği en çok 53 m'dir. Gölün su seviyesi ideal şartlarda 29,90 m ile 31,50 m arasında olması istenir. Sapanca Gölü'nün hacmi 1,7 km³ ve ortalama derinliği 36 m'dir. Sapanca Gölü Çark Deresi ile Ferizli Seyifler köyü civarında Sakarya nehri ile birleşir.

3.Kullanılan Yöntem

Son yıllarda iklim değişikliğine etki eden parametrelerin analizinde, gözlemlerin kısa süreli, kesikli, düzensiz ve çarpık olması gibi olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için parametrik olmayan testler tercih edilmektedir. Parametrik olmayan testler, rastgele değişkenin dağılımından bağımsız olan yaklaşımlardır. Bu testler gözlemlerin sıralarını (rank) esas almaktadır (Demir ve diğ., 2008). Bu nedenle Sapanca Gölü Havzası'na ait aylık toplam buharlaşmalarda herhangi bir trend varlığı ve yönünün belirlenmesi için parametrik testlere oranla daha uygun ve güvenilir sonuçlar

veren Mann-Kendall ve Sen's Eğim gibi parametrik olmayan yöntemler kullanılmıştır. Mann-Kendall testine göre H_0 (gözlenen değerlerde bir trend olmadığı) hipotezi kontrol edilir. "Kabul" veya "red" kararı verilir. Eğer red kararı verilmiş ise bu H_a ile gösterilen bir trendin varlığını ifade eder. H_0 hipotezi α anlamlılık seviyesinde test edilir (Helsel ve Hirsch, 1992). Trend azalan yönde ise; test istatistiği olan S değeri negatif, trend artan yönde ise S değeri pozitifdir. Bu çalışmada α anlamlılık seviyesi 0,05 seçilmiştir. Bu durumda verilen kararlarda %5 lik bir hata payı göz önüne alınmalıdır. Öte yandan doğrusal bir trend mevcut ise gerçek eğimi bulmak için veri hatalarından veya ekstrem değerlerden etkilenmeyen Sen's Eğim Testi yaygın olarak kullanılır. Bu parametrik olmayan test tekniği ile gerçek eğim hakkında karar verilir. Mann-Kendall ve Sen's testi yöntemleri ile trend analizi yapılırken Tablo 1.a ve b'den görüleceği üzere buharlaşmanın en etkili olduğu Nisan ve Ekim arası tercih edilmiştir.

4. Bulgular

Çalışmaya başlamadan önce test istatistikleri buharlaşmanın etkili olduğu Nisan ve Ekim ayları arasında bulunmuş ve Tablo 2.'de verilmiştir.

Tablo 2. Test İstatistikleri Nisan- Ekim

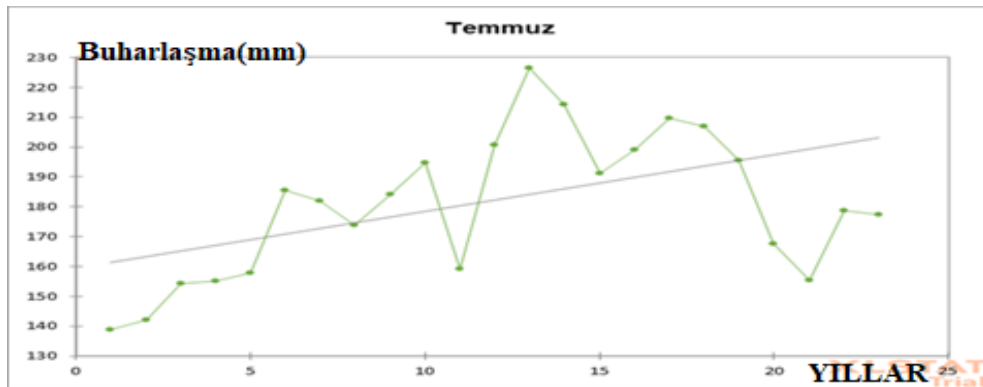
Aylar	Min.Buh.(mm)	Mak.Buh.(mm)	Ort.(mm)	Standart Sapma
Nisan	51,900	114,900	81,409	17,466
Mayıs	82,100	178,200	126,226	23,240
Haz.	108,700	199,800	154,961	29,332
Tem.	138,800	226,400	180,430	28,866
Ağu.	90,900	223,300	157,513	37,075
Eylül	66,000	133,600	102,609	17,429
Ekim	39,000	95,300	58,613	14,532

Tablo 3. Mann-Kendall Testi ve Sen's Eğim Sonuçları

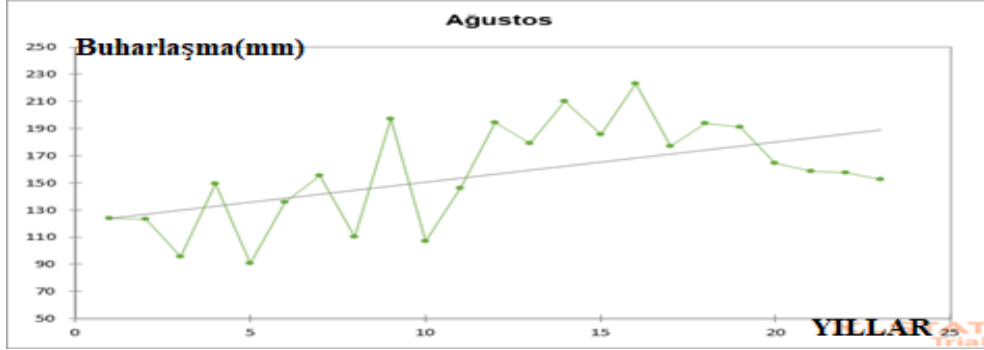
Seri/Test	Kendall Test	p-değeri	Sen's Eğim
Nis.	0,217	0,154	0,800
May.	0,067	0,673	0,673
Haz.	0,202	0,187	1,557
Tem.	0,352	0,020	1,900
Ağu.	0,312	0,039	2,960
Eyl.	0,478	0,002	1,650
Ekim	0,139	0,369	0,338

Bu verilerden yararlanarak Mann-Kendall ve Sen's Testi için bir bilgisayar programı kullanılmış ve sonuçlar etkili aylara göre Tablo 3'de verilmiştir. Tablo 3'e göre p-değerleri Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında alfa ($\alpha=0,05$) anlamlılık seviyesinden küçük çıktığından dolayı H_a hipotezi olan serilerde trend olduğu kabul edilebilir. Diğer aylarda ise H_0 hipotezine göre bir trende rastlanmamıştır.

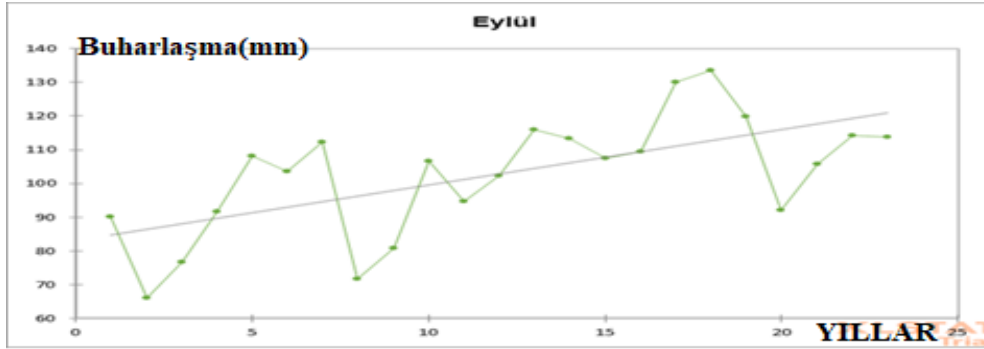
Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'de yatay eksen yılları ve düşey eksen mm cinsinden buharlaşmayı göstermek üzere Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarına ait Sen's eğim grafikleri verilmiştir. Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'den görüleceği üzere 23 yıllık buharlaşma verilerine göre Sapanca Gölünde meydana gelen buharlaşma Sen's Eğimi pozitif çıkmasından dolayı Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında artan bir trende sahip olduğu söylenebilir.



Şekil 2. Temmuz Ayı için Sen's Grafiği



Şekil 3. Ağustos Ayı için Sen's Grafiği



Şekil 4. Eylül Ayı için Sen's Grafiği

5. Sonuçlar

Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

1. Küresel ısınmanın etkisiyle 23 yıllık buharlaşma verilerine göre Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında buharlaşmada artan bir trend görülmüştür.

2. Bilindiği üzere ölçümlerin sağlıklı yapılması sonuçların hassasiyetini artıracığından elde edilen verilerin güvenilirliği ve doğru ölçüm yapılıp yapılmaması son derece önemlidir. Normal şartlarda az dahi olsa kış aylarında göl ve su yüzeylerinden buharlaşma olması kaçınılmazdır. Ancak ülkemizde Ocak ve Şubat aylarında buharlaşma ölçümü yapılmadığından bu çalışmada Ocak ve Şubat aylarına ait buharlaşma verileri kullanılamamıştır.

3. Göl ve su yüzeylerinden buharlaşma doğal ve normal bir tabiat olayı olmasına rağmen buharlaşmada son zamanlarda artan bir trend olması küresel ısınmanın su kaynaklarına olumsuz bir etki yaptığını açıkça ortaya koymaktadır.

4. Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları dışında Sen's eğimi pozitif olmasına rağmen Mann-Kendall Testine göre H0 hipotezi geçerli olduğundan bir trend olduğu söylenemez.

Kaynaklar

Aydın, F., Topaloğlu, F., 2011. Türkiye Buharlaşma Verilerinin Gidiş Analizi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22-2.

Demir, I., Kiliç, G., Coşkun, M., Sümer, M.U., 2008. Türkiye'de Maksimum, Minimum ve Ortalama Hava Sıcaklıkları ile Yağış Dizilerinde Gözlenen Değişiklikler ve Eğilimler. TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 69-84

Goyal, R.K., 2004. Sensivity of Evapotranspiration to Global Warming: A case Study of Arid Zone of Rajasthan-India. Agric Water Managment, 69:1-11

Helsel, D.R., Hirsch, R.M., 1992. Statistical Methods in Water Resources, Elsevier

Kale, S., Ejder, T., Hisar, O., Mutlu, F., 2016. İklim Değişikliğinin Bakırçay Nehrinin Yıllık Akış Üzerine Etkisi. Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 6, (2), 156-176

Öztürk, K., 2002. Küresel İklim Değişikliği Ve Türkiye'ye Olası Etkileri. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22, S. I, 47-65

Türkeş, M., 1994. Artan Sera etkisinin Türkiye üzerindeki etkileri. TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, 321, 71, Ankara

https://tr.wikipedia.org/wiki/Sapanca_Gölü (Erişim Tarihi: 2018)

image © 2019 DigitalGlobe Google Earth (Erişim Tarihi: 2018)

<https://mgm.gov.tr> (Erişim Tarihi: 2017)

SAHRATIPI HASTANELERDE ENERJİ İHTİYACININ GÜNEŞ ENERJİSİ İLE KARŞILANMASI

Ömer Ahmet ÖZTÜRK

İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa

Doç. Dr. İbrahim GÜNEŞ

İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa

Özet: Sahra hastaneleri yüzyıllardan beri, savaş ve doğal afet gibi durumlarda hasta ve yaralılara gerekli tıbbi hizmeti sağlayan hayati öneme haiz birimlerdir. Eski dönemlerde sahra hastaneleri ancak ilk müdahalenin yapıldığı, imkanları kısıtlı birimler gibi görülse de günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte gerekli donanıma sahip daha kompleks birimler haline gelmişlerdir. Savaş bölgelerinden merkez bölgelere ulaşımın mümkün olmadığı durumlarda, ansızın her bölgeyi vurabilecek doğal afet anlarında sağlık hizmeti sahra tipi hastaneler ile sağlanır. Bunun yanısıra yüksek nüfuslu yerleşim birimlerinde yaşanan afetlerde sağlık birimi sayısı yetersiz kalacağından acil durum sahra hastaneleri hazır bulunmalıdır. Proje çerçevesinde bir sahra hastanesinin enerji kullanımının fosil yakıtlar yerine, yenilenebilir kaynaklarla modellenmesi hedeflenmiştir. Sürekli artan enerji ihtiyacımızın yanısıra fosil yakıtların, gerek çevre için oluşturduğu problemler, gerek rezervlerinin sınırlı oluşu sebebiyle yenilenebilir enerjinin önemi ortaya çıkmaktadır. Sahra tip hastaneler mobilize olarak faaliyet gösterdiğinden yenilenebilir kaynaklar ile enerji ihtiyacının sağlanması durumunda büyük bir enerji tasarrufu sağlanacaktır. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli bakımından bir çok ülkeye göre oldukça avantajlı konumdadır. Aynı zamanda doğal afet ve savaş gibi durumlarda gerekli enerji ihtiyacının fosil yakıtlarla sürekli olarak sağlanamama riski bulunmaktadır. Bu çerçevede enerji tüketimi güneş enerji panelleri ile karşılanan bir sahra hastanesi tasarlanacaktır. Hastanenin kullandığı tıbbi cihazların ve diğer enerji tüketen sistemlerin enerji tüketim hesaplamaları yapılacaktır. Hastanenin tüketim profili ortaya çıkarıldıktan sonra ihtiyaç duyulan enerjiyi üretebilecek bir güneş enerjisi üretim sisteminin teknik özellikleri incelenecek ve sistem tasarlanacaktır. Bu sayede sahra hastanelerinin savaş ve doğal afet gibi durumlarda aksamaya uğraması muhtemel enerji ihtiyaçlarının kesintisiz, temiz, güvenilir bir biçimde elde edilmesi mümkün olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Hastanelerde Enerji, Verimlilik, Enerji Yönetimi, Sahra Hastanesi

The Solution of Energy Needs in Sahra Type Hospitals With Solar Energy

Abstract: Field hospitals have been vitally important for centuries to provide medical services to patients and wounded in cases of war and natural disaster. In the past, field hospitals have become the more complex units with the necessary equipment together with the developing technology, even though the first intervention is seen as limited units. In cases where it is not possible to reach to the central regions from the war zones, the health service is provided by field-type hospitals in the moments of natural disasters that can suddenly hit every region. In addition to this, emergency field hospitals should be present because of the insufficient number of health units in disasters in high population settlements. Within the framework of the project, it is aimed to model the energy use of a field hospital by renewable sources instead of fossil fuels. In addition to our ever-increasing energy needs, renewable energy is of importance due to the problems of fossil fuels, environmental problems and limited reserves. Since the Sahara type hospitals operate as mobilized, a great energy saving will be provided if energy needs are provided by renewable resources. Turkey is highly advantageous position compared to many countries in terms of solar energy potential. At the same time, there is a risk that the necessary energy needs in natural disaster and war situations cannot be provided with fossil fuels continuously. In this context, a field hospital with energy consumption will be designed with solar panels. Energy consumption calculations of the medical devices used by the hospital and other energy consuming systems will be made. Technical characteristics of a solar energy generation system that will produce the energy needed after the hospital's consumption profile is uncovered will be examined and the system will be designed. In this way, it will be possible to obtain the energy needs of the field hospitals in an uninterrupted, clean and reliable manner, which is likely to be disrupted in situations such as war and natural disaster.

Keywords: Energy Efficiency, Energy Management in Hospitals, Sahara Hospital

1. GİRİŞ

Verimlilik Artırıcı Proje (VAP) Destekleri Enerji verimli ekipman ve sistem kullanımı, onarım, yalıtım, modifikasyon, rehabilitasyon ve proses düzenleme gibi yollarla; gereksiz enerji kullanımının, atık enerjinin, enerji kayıp ve kaçaklarının önlenmesi veya en aza indirilmesi ile birlikte atık enerjinin geri kazanılması gibi konularda çözümleri de kapsayan ve mülga Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından tebliğ olarak yayımlanan usul ve esaslara uygun olarak hazırlanan projeler, Verimlilik Artırıcı Proje (VAP) olarak değerlendirilmektedir.

Verimlilik Artırıcı Proje destekleri işletmelerin enerji verimliliğine yönelik olarak işletmelerinde uygulayacakları projelerin desteklenmesini öngörmektedir. Verimlilik Arttırıcı Projelerinin desteklenmesini isteyen endüstriyel işletmeler, Genel Müdürlük tarafından tebliğ olarak yayımlanan usul ve esaslara uygun olarak şirketlere hazırlattıkları projelerini her yıl Ocak ayı içinde Genel Müdürlüğe sunar. Genel Müdürlük, internet sayfası üzerinden ilan etmek suretiyle, başvuru almayabileceği gibi başvuru dönemini erteleyebilir, uzatabilir veya birden fazla dönemde başvuru alabilir.

Bu çalışma kapsamında Enerji etüdü çalışması yapılan “Sağlık Merkezi” sahra tipi hastane tasarımında kullanılacaktır.

Tesis bölgedeki nüfusun yanı sıra yakın çevre illere de sağlık hizmeti vermektedir. Enerji tüketimleri açısından oldukça yüksek bir potansiyele sahip tesiste yapılacak enerji verimliliği çalışmaları oldukça önemli olacaktır. Aşağıda tesise ait enerji tüketimlerine etki eden bölümler belirtilmiştir.

- Ağız ve Diş Sağlığı
- Cerrahi Bilimleri
- Dahili Bilimler
- Göğüs Kalp ve Damar Sağlığı
- Kadın Sağlığı
- Onkolojik Bilimler
- Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları
- Acil Tıp
- Görüntüleme Hizmetleri
- Laboratuvar Hizmetleri
- Yoğun Bakım
- Eczacılık Hizmetleri

Yukarıda ifade edilen bölümlerin oluşturduğu enerji tüketimlerini azaltmak amacıyla “Enerji Etüdü” çalışması yapılmıştır. Etüt kapsamında saha ölçüm çalışmaları ve bu ölçümlerin sonucunda işletmeye bir dizi enerji verimliliği önlemi sunulmuştur.

Temel enerji tüketimleri elektrik ve doğalgaz olan tesiste saha ve raporlama süreci doğrultusunda enerji verimliliği açısından çalışmalar yapılmıştır. Ölçüm, analiz ve hesaplama süreci ile tesisin enerji tüketim eğilimi, mevcut durumu ve tasarruf potansiyeli ortaya koyulacaktır. Böylece enerji tüketimlerinin azaltılması ile

doğrudan, fosil yakıt kullanımının azaltılması ile de dolaylı yoldan verimli bir çalışma ortamı hedeflenmektedir.

Çalışmanın kapsamı içerisinde tesisteki tüm enerji tüketen parametreler incelenmiştir. Bunları genel başlıklar doğrultusunda açarsak,

- Isıtma sistemleri (sıcak su, buhar, boyler, tesisat hatları, vb.)
- Aydınlatmalar
- Pompalar ve fanlar
- Havalandırma Ekipmanları (klima santralleri)
- Elektrik Altyapısı ve enerji kalitesi
- İç ortam hava kalitesi
- Soğutma grupları
- Kompresörler
- Bina ısı kaybı açısından dış cephe yapısı
- Atık ısı noktalarıdır.

Enerji tüketimine temel etki yapan elemanlar üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Kazanlarda yanma verimliliği ve kazan verimi hesaplarını yapabilmek için baca gazı ölçümleri alınmıştır. Termal kamera ile bütün elektriksel, ısıtma hatları ve bina yüzeylerinde kayıp kaçak noktaların tespiti için ölçümler alınmıştır. Bazı panolarda, motorlarda enerji analizörü ile ölçümler alınmıştır. Soğutma gruplarında elektriksel ölçümler, buhar kazanlarında iletkenlik ölçümleri yapılmıştır. Klima santralleri ve kompresör atık ısı noktalarında hız ve sıcaklık ölçümleri alınmıştır.

Ölçüm ekipmanlarından baca gazı ölçüm cihazı kullanılarak tesisteki kazanların yanma ve genel verimleri için gerekli datalar elde edilmiştir. İç hava kalitesi ölçümü ile iç ortam hava kalitesinin standarda uygunluğu incelenmiştir.

Termal kamera ile tesisattaki ısı kayıpları ile kazan ve soğutma ünitelerinin yüzeylerinin durumu gözlemlenmiş olup temaslı sıcaklık ölçer ile de kazan genel verimi için ihtiyaç duyulan kazan yüzey sıcaklıkları elde edilmiştir.

Termal kamera vasıtası ile ayrıca ısıtma ve soğutma hatları, vana ve pompalarda ısı kayıpları incelenmiştir. Bunların dışında bina dış cephelerinde termal çekimler yapılarak cephe ısı kayıpları gözlemlenmiştir.

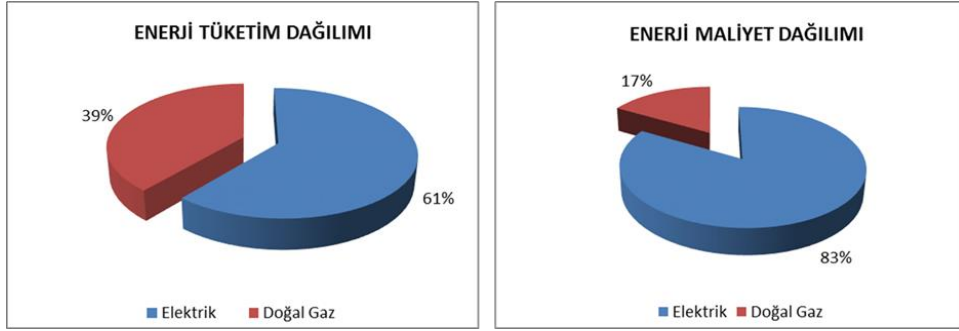
Enerji analizörü yardımı ile binanın aydınlatma sırasındaki elektrik tüketim ile genel elektrik tüketimindeki olası kararsız durumların varlığı incelenmiş olup tüketim ile ilgili elektriksel şablon ortaya konulmuştur. Ayrıca soğutma gruplarında, mekanik tesisat motor ve ekipmanlarında (fan, pompa, vb.) ve kompresörlerde elektriksel ölçümler alınmıştır.

1.1. MEVCUT ENERJİ TÜKETİMLERİ ve MALİYETLERİ

Elektrik ve doğalgaz tüketimleri aşağıda tablo ve grafiklerde gösterilmiştir

Tablo 0: Yıllık Enerji Tüketimleri ve Maliyetlerin Karşılaştırılması

ENERJİ TÜRÜ	TÜKETİM				MALİYET		BİRİM MALİYET
	Miktar	Birim	TEP	% Toplam	TL	% Toplam	TL / TEP
Elektrik	14.941.632,00	kWh	1.284,98	61,22	3.975.811,45 TL	83,42	3.094,06 TL
Doğal Gaz	985.725,00	Sm ³	813,95	38,78	790.466,87 TL	16,58	971,15 TL
TOPLAM			2.098,93	100,00	4.766.278,32 TL	100,00	

**Şekil 0.** Enerji tüketim ve maliyetlerinin yüzdelik pay dağılımı

Şekil 1'deki grafikte toplam enerji tüketiminin %61'i elektrik ve %39'u doğalgaz olarak gerçekleştiği görülmektedir. 2014 yılı için enerji tüketiminde en büyük pay sahibi elektriktir. Tüketim dağılımına göre %39'luk paya sahip olan doğalgaz maliyet dağılımında %17'lik pay ile parasal açıdan yüzdelik dilimdeki payının azaldığını göstermiştir. Doğalgazın birim maliyetinin düşük olması maliyetteki payının düşmesine direkt etki etmektedir. Elektrik tüketiminin bu kadar yüksek oranda olmasında soğutma, klima santralleri ve aydınlatmanın yanı sıra binada kullanılan yoğun elektrikli aletlerin (medikal cihazlar, vb.) de etkisi vardır.

Tablo 1'de birim maliyet (TL/TEP) sütunundan da görüleceği üzere 1 Ton Eşdeğer Petrol (TEP) için maliyetlerde elektrik doğalgazın neredeyse 3,5 katı olmaktadır. Bu durum bize Şekil 1'deki grafiği ortaya koymaktadır.

2. GENEL BULGULAR ve ÖNERİLER

Etüt kapsamında yapılan inceleme ve belirlenen enerji tasarrufu ile ilgili özet aşağıdadır. Bu tabloya ve verilere göre genel özet;

Projelerin uygulanması ile 296,65 TEP yani toplamda % 14,12 tasarruf öngörülmektedir.

Projelerin uygulanması ile maddi açıdan 544.312 TL tasarruf öngörülmektedir.

Yapılacak bu çalışmalar sonucunda çevreye 1.207 ton CO2 daha az salınım olacaktır.

2.1. Enerji Yönetimi

İncelemeye konu olan Hastane mimari yapı olarak 5 ana bloktan oluşmaktadır. Bunlar;

1.Blok: Medikal ofis ve poliklinikler bloğu,

2.Blok: Yoğun bakım bloğu

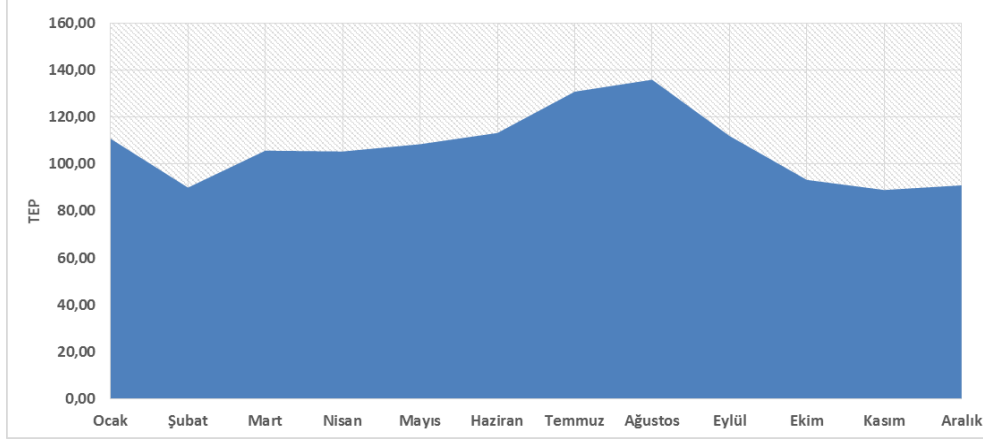
3. ve 4. Blok: Yatan hasta bloğu,

5. Blok: Kemik İliği Nakli Nakli Ünitesi, IVF Ünitesi, Kök Hücre ve Genetik Laboratuvarları bloğudur.

Bu bölümde tesisin aylık bazda enerji tüketimleri incelenmiştir. Bu veriler ayrı ayrı tablolar ve grafikler ile detaylandırılmıştır. Yapılacak analizlerde bu veriler referans alınacaktır.

Tablo 0. Sahra Tipi hastane için potansiyel elektrik tüketiminin aylık değerleri

Aylar	Tüketim				Maliyet (TL)		
	Satın Alınan		Üretilen		Satın Alınan	Üretilen	Toplam
	kWh	TEP	kWh	TEP			
Ocak	1,287,488.00	110.72			330,794.62 TL		330,794.62 TL
Şubat	1,046,012.00	89.96			282,451.72 TL		282,451.72 TL
Mart	1,228,752.00	105.67			322,917.03 TL		322,917.03 TL
Nisan	1,224,695.00	105.32			325,135.25 TL		325,135.25 TL
Mayıs	1,260,640.00	108.42			334,677.86 TL		334,677.86 TL
Haziran	1,316,292.00	113.20			312,854.89 TL		312,854.89 TL
Temmuz	1,520,612.00	130.77			397,809.14 TL		397,809.14 TL
Ağustos	1,579,596.00	135.85			413,239.79 TL		413,239.79 TL
Eylül	1,301,554.00	111.93			341,501.88 TL		341,501.88 TL
Ekim	1,084,401.00	93.26			312,220.07 TL		312,220.07 TL
Kasım	1,034,338.00	88.95			297,806.20 TL		297,806.20 TL
Aralık	1,057,252.00	90.92			304,403.00 TL		304,403.00 TL
Toplamlar	14,941,632.00	1,284.98			3,975,811.45 TL		3,975,811.45 TL



Şekil 0: Elektrik tüketimlerinin aylık dağılımı (TEP)

3. GÜNEŞ ENERJİSİ İLE SICAK SU ÜRETİMİ ÜNİTE VE SİSTEM TARİFİ

Tesiste sıcak su üretimi için doğalgaz kullanılmaktadır. Tesisin ihtiyacı doğrultusunda kazanlarda üretilen ısı ile sıcak su sağlanmakta, boylerlerde depolanarak ihtiyaca göre dağıtılmaktadır. Yıl boyunca her zaman ihtiyaç duyulan sıcak su tesiste birçok noktada değerlendirilmektedir.

Tablo 3: Aylık doğalgaz tüketimi ve sıcak su ihtiyacının bu tüketimdeki payı

	Sıcak Su	Diğer
	kWh	
Ocak	393,907.20	1,181,721.60
Şubat	282,028.80	846,086.40
Mart	210,724.80	632,174.40
Nisan	236,625.60	709,876.80
Mayıs	216,434.88	505,014.72
Haziran	307,641.60	131,846.40
Temmuz	278,443.20	119,332.80
Ağustos	289,766.40	124,185.60
Eylül	146,655.36	342,195.84
Ekim	145,944.00	437,832.00
Kasım	215,378.40	646,135.20
Aralık	265,752.00	797,256.00
Toplam	2,989,302.24	6,473,657.76

Tablo 3’de görüldüğü gibi sıcak su ihtiyacı 2.989.302 kWh değerinde olup bu tüketimin maliyeti yıllık 260.069 TL mertebesindedir. Oldukça yüksek bir sıcak su maliyeti ortada olmasından dolayı tesisin bu sıcak su ihtiyacını farklı kaynaklardan karşılama imkanı analiz edilmelidir. Alternatif kaynaklardan biri olan güneş enerjisi bu konuda mevcut sıcak su sistemine dahil edilerek yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanma imkanı sağlanabilir. Güneş enerjisi ile birlikte yapılacak yatırımın ardından işletme maliyeti olmaksızın sıcak su üretimi sağlanacak ve tesis doğalgaz maliyeti azaltılacaktır.

DEĞERLENDİRMELER VE HESAPLAMALAR

Tesisteki sıcak su ihtiyacı için bölgenin güneş enerjisi potansiyeli de dikkate alınarak yazılım üzerinden yapılan analizde elde edilecek enerji miktarı ve bu miktarın aylar bazından ihtiyacı karşılama oranı hesaplanmıştır. Hesaba göre seçilecek kollektör adet, tip ve kaplanacak alan değerleri sıcak su ihtiyacının yarısının karşılanacağı Temmuz ayı baz alınarak yapılmıştır. Temmuz ayındaki sıcak su ihtiyacının %20’sini karşılayacak miktarda güneş kollektörü seçilmiştir. Buna göre elde edilen sonuçlar Tablo 3 de gösterilmiştir.

Elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında güneş enerjisi desteği ile tüm sıcak su ihtiyacının karşılanması pek mümkün olmamaktadır. Bunun iki temel sebebi vardır. Bunlardan birincisi bulunulan coğrafi bölgenin güneş potansiyeli sonucu güneşten alınan enerji veriminin düşük olmasıdır. İkincisi ise tüm enerji ihtiyacının karşılanması istendiğinde güneş kollektör alanının oldukça yüksek çıkmasıdır.

Bu sebeple ihtiyacının bir kısmının karşılanacağı bir sistem dizaynı daha uygun olacaktır. Seçilen referans ay temmuz için bu oran, temmuz ayı ihtiyacının %20’sinin karşılanacağı şeklinde olacaktır. Tablo 3’de karşılama oranları incelenir ise bu oran bazı aylarda %29, bazı aylarda ise güneş potansiyeli sebebiyle %4’lerde kalacaktır. Her durumda bir güneş enerjisi destekli üretim olacaktır. Bu sebeple kurulacak güneş enerjisi tesisi sıcak su üretimine bir destek mahiyetinde düşünülmelidir.

REFERANSLAR

Kaya, D., and C. Güngör. "Sanayide Enerji Tasarrufu Potansiyeli-II." *Mühendis ve Makine Dergisi* 515 (2002).

Kaya D, Phelan P, Chau D, and SARAC H. İ, 2002. Energy Conservation in Compressed-air Systems, *International Journal of Energy*.

Pertzborn A., Nellis G., Klein S., (2010). Research on Ground Source Heat Pump Design. *International Refrigeration and Air Conditioning Conference*. Purdue University, 1-8.

David I., Stefanescu C., Vlad I., (2015). Efficiency assessment of ground-source heat pumps in comparison with classical heating system, *15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference*.

Emti Enerji Yönetimi ve Tasarrufu Sistemleri

Sanayide Enerji Yönetimi, 1997. Cilt I, III, EİEİ/UETM, Ankara

Enerji Verimliliği Denetim Yönetmeliği, Temmuz 2018

Lozano M., Valles J. 2007. An Analysis of The Implementation of An Environmental Management System in a Local Public Administration, *Journal of Environmental Management*, 82: 495-511

Elkin, D. and C. Stevens (2008). 2 - Environmental and consumer issues regarding water and energy management in food processing. *Handbook of Water and Energy Management in Food Processing*. J. Klemeš, R. Smith and J.-K. Kim, Woodhead Publishing: 29-44

DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK YIĞMA YAPILARIN TASARIMI HAKKINDA 2007 VE 2018 DEPREM YÖNETMELİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Saadet ÖZKAT

Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğretim Üyesi Ali Osman KURUŞCU

Yıldız Teknik Üniversitesi

Özet: 18.03.2018 tarihinde Resmi Gazetede yayınlanan ve 01.01.2019 tarihinde yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 ile 2007 tarihli Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik yürürlükten kalkmıştır. Ayrıca 18.03.2018 tarihinde yayımlanan ve 01.01.2019 de yürürlüğe giren Türkiye Deprem Tehlike Haritaları ile ülkemizde günümüze kadar kullanılan 1996 tarihli Deprem Bölgeleri Haritası da yürürlükten kalkmıştır.

TBDY-2018, 17 bölüm ve 395 sayfadan oluşan kapsamlı bir yönetmeliktir.

TBDY-2018'deki temel değişiklik deprem yüklerinin hesabının farklı olmasıdır. Yüksek bina taşıyıcı sistemlerinin tasarımı ve deprem yalıtımlı binaların tasarımı için uyulması gereken kurallar, Ön üretilmiş betonarme, hafif çelik ve ahşap bina taşıyıcı sistemlerinin tasarımına ilişkin kurallar, yeni yönetmelikte ayrı bölümlerde incelenmiştir. Kerpiç binaların tasarımına ilişkin kurallara yeni yönetmelikte yer verilmemiştir. Ayrıca deprem yer hareketleri ve yerel zemin sınıfı tanımlarında yapılan değişiklikler, bina önem katsayısı ile ilgili değişiklikler, deprem tasarım sınıfları ve bina yükseklik sınıfları ile ilgili değişiklikler mevcuttur.

Bu çalışmada DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 arasındaki değişikliklerden, özellikle yığma yapı tasarımı ile ilgili olanlar irdelenmiştir.

Çalışmada öncelikle yığma yapı kavramı ile DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmelikleri arasındaki genel farklılıklar incelenmiştir. Sonrasında deprem bölgelerinde yapılacak yığma yapıların tasarım kriterleri 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre karşılaştırılmıştır. Çalışmanın son bölümünde örnek bir yığma yapının DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 deprem yönetmeliklerine göre uygunluğu ayrı ayrı değerlendirilip karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yığma Yapı, Deprem, DBYBHY 2007, TBDY-2018

Comparison of 2007 and 2018 Earthquake Regulations on the Design of Masonry Structures in Earthquake Regions

Abstract: Turkey Earthquake Building Regulations-2018 has been published in the Official Gazette on 18.03.2018, and it entered into force on 01/01/2019. As a result, the regulation on Buildings to be Constructed in the Earthquake Zones has been abolished. Furthermore, the earthquake hazard map of Turkey has been renewed, and it entered into force at the same time.

A new methodology to calculate the earthquake loads is introduced in the new regulation (TBDY-2018). Furthermore, it explains guidelines and rules that must be followed for the following topics: (i) designing structural system for high building, (ii) designing structural system for lightweight steel and timber building, and (iii) designing earthquake insulated buildings. However, the new regulation do not include rules or guidelines for designing adobe buildings.

In this study, the alterations between The Regulation on Buildings to be Constructed in the Earthquake Zones-2007 and Turkey Earthquake Building Regulations-2018 especially the section related to the masonry structure design has been examined.

In the study, primarily the concept of masonry structure and the general differences between two relevant regulations have been analysed. Thereafter the design criteria of masonry structures to be constructed in earthquake zones have been compared according to 2007 and 2018 earthquake regulations. In the last part of the study, the suitability of a sample masonry structure has been evaluated for both 2007 and 2018 earthquake regulations.

Key Words: Masonry Structure, Earthquake, DBYBHY 2007, TBDY-2018

1. YIĞMA BİNALAR

Yığma binalar; taşıyıcı sistemleri taş, tuğla, briket, gazbeton vb. doğal ve yapay malzemelerden oluşan taşıyıcı duvarlarla teşkil edilen binalardır (TS 2510, 1977). Yığma binalarda duvarlar, hem binanın sınırlarını belirler hem de taşıyıcı sistemi oluştururlar. Duvarlarda yük aktarımı, kullanılan kargir birim ve harç arasında gerçekleşir. Yığma binaların taşıyıcı sistemi döşemeler, taşıyıcı duvarlar ve temellerden oluşmaktadır (Çırak, 2011).

1.1 Yığma Bina Çeşitleri

Yığma binalar genel olarak donatısız yığma binalar, kuşatılmış yığma binalar, donatılı yığma binalar ve donatılı panel sistemli binalar olarak 4 sınıfa ayrılmaktadır.

1.2 Yığma Binaların Deprem Etkisi Altında Davranışı

Bir binanın kullanım ömrü boyunca maruz kalacağı deprem yüklerinin büyüklükleri ve oluşum zamanları günümüz teknolojileri ile kesin olarak bilinmemektedir. Fakat bu büyüklüklerin belirli bir değeri aşma olasılıkları ve oluşum sıklıkları gibi bilgiler, çeşitli istatistiksel yöntemler yardımıyla tahmin edilerek elde edilebilmektedir.

Yığma duvarları oluşturan kargir birimlerin dayanımları, örülme biçimleri, duvarın geometrik yapısı vb. faktörler, yığma binanın gerek yatay gerekse düşey yüklerle karşı dayanımını doğrudan etkilemektedir. Yığma duvarları meydana getiren kargir birimlerin çekme dayanımları, basınç dayanımlarına göre oldukça düşüktür; hali ile kargir birimlerin basınç dayanımı, yığma binanın deprem davranışında ana etkiye sahiptir (Arun, 2005). Yığma binaların periyotları çok kısa olduğu için depremlerde büyük yatay kuvvetlere maruz kalırlar. Bu sebeple özellikle deprem bölgesinde bulunan ülkemizde inşa edilen yapıların deprem yönetmeliklerine uygun olarak yapılmaları önem arz etmektedir.

1.3 Yığma Binalarda Oluşan Hasar Biçimleri ve Deprem Hasar Düzeyleri

Yığma binalarda düşey ve yatay yükler altında normal gerilme ve kayma gerilmeleri oluşur ve bu gerilmeler neticesinde yapıda hasarlar meydana gelir. Yığma bina duvarlarında deprem etkisinden kaynaklanan çatlakların şekli, yeri ve boyutu yapıyı etkileyebilecek nitelikte önemli olabileceği gibi önemsiz de olabilmektedir. Çatlakların meydana gelmesinde oluşum biçimi, yeri ve miktarına göre yapıya gerek duyulabilecek müdahalenin yöntem ve tekniği belirlenebilmektedir.

Yığma binalar özellikle duvar bölümlerinde, üst kısmında yeteri kadar rijitlikte döşeme ve lento bağlantıları yapılmamış ise, düzlemlerine dik bir şekilde de hasar görmektedirler. Duvarlarda yatay hatılların tekniğine uygun bir şekilde yapılmamış olması, depremlerde binanın zarar görmesine sebebiyet vermektedir. Yığma binalarda uygulamaya ilişkin yapılan farklı bir hata ise, yapıların sokak ya da cadde cephelelerinde, büyük açıklığa sahip kapı ve pencere boşluklarının bırakılmasıdır. Bu boşluklar, Deprem Yönetmeliğinde izin verilen maksimum boşluk oranlarını genellikle aşmaktadır ve ön cephe, betonarme kolonlar tarafından taşıtılmaya çalışılmaktadır. Bu şekilde, yapıda elastik nitelik bakımından iki farklı malzemenin kullanılması, yapıda rijitlik bakımından düzensizlikler meydana getirmekte; bu sebeple deprem esnasında yapı burulma etkisine maruz kalmaktadır (Çırak, 2011).

1.4 Yığma Binaların Onarılması ve Güçlendirilmesi

Yığma binalar için önerilen başlıca güçlendirme teknikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- a) Yapının yıkılan bölümlerinin yeniden inşası,
- b) Yapı elemanları arasında bulunan boşluklara (çatlak, yarık vb.) uygun kimyasal reçinelerin enjekte edilerek bütünlüğünün sağlanması ve kesitlerin mukavemetinin artırılması,
- c) Yığma binalarının çelik çubuk ve levhalarla sarılarak bütünlük sağlanarak güçlendirilmesi,
- d) Çelik hasır ile takviye yapılması,
- e) Çelik profil elemanları ile takviye yapılması,
- f) Temel güçlendirmesi yapılması.

Bu tekniklerin yardımı ile deprem yüklerinin düzlem içi ve düzlem dışı etkilerine karşı yapı elamanının gücü arttırılmaktadır.

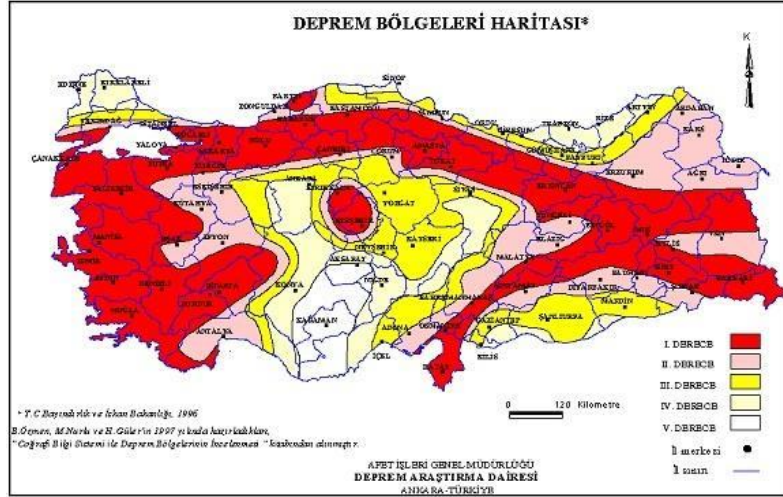
2. DBYBH-2007 VE TBDY-2018 YÖNETMELİKLERİ ARASINDAKİ GENEL FARKLILIKLAR

Ülkemizde kullanılan ilk deprem yönetmeliği 26 Aralık 1939 tarihinde meydana gelen ve yaklaşık 30.000 insanın ölmesine sebep olan Erzincan Depreminin sonra 1940 yılında yürürlüğü girmiştir. Bu yönetmeliğe göre deprem hesabı, binanın bulunduğu konumdan bağımsız olarak yapılmakta idi. Daha sonra 1942 yılında ilk Türkiye Deprem Haritası hazırlanmıştır. Deprem haritasının hazırlanmasının ardından çıkarılan deprem yönetmeliklerinde, deprem hesabı binanın bulunduğu bölge ile ilişkilendirilerek yapılmaya başlanmıştır. ABYYHY-1968, önceki yönetmeliklerden farklı olarak günümüzde de halen kullanılmakta olan modern hesap yöntemlerine göre hazırlanmıştır. ABYYHY-1975'te ilk kez sünek yapı tasarımından bahsedilerek detaylara yer verilmiştir; ABYYHY-1998'de ise sünek tasarım, binalar için zorunlu kılınmıştır (Sezen (2000)). Ülkemizde, 1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe girmiş olan *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği* ile birlikte, şu ana kadar toplam 10 adet deprem yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. *Afet Yönetmeliği* ismiyle çıkarılan yönetmeliklerde deprem konusu daima en önemli konu olduğu için, bu yönetmelikler genellikle deprem yönetmeliği olarak anılmaktadır.

1.5 Deprem Yer Hareketi Tanımı ile İlgili Farklılıklar

Türkiye Deprem Tehlike Haritasının yürürlüğe girmesi ile birlikte deprem yer hareketi tanımı ve hesabı da değişiklik göstermektedir. 2007 Bina Deprem

Yönetmeliğinde 1. Derece, deprem tehlikesi bakımından en riskli bölge olmakla beraber, 5. derece ise depremselliğin olmadığı bölgeleri ifade eden Deprem Bölgeleri Haritası (Şekil 2.1) kullanılmaktaydı.



Şekil 2.1 Deprem Bölgeleri Haritası, 1996 (AFAD,2019)

Yeni hazırlanan Deprem Tehlike Haritası ile birlikte deprem bölgeleri kavramı yerine ülkemizdeki her bir nokta için haritalardan S_s ve S_1 değerleri elde edilebilecektir. Bu değerler sırası ile “ $T = 0.2$ saniye kısa periyod” ve “ $T = 1.0$ saniye uzun periyod” bölgelerine karşılık gelen harita spektral ivme katsayılarıdır. Söz konusu değerler zeminlere ilişkin özellikleri yansıtan katsayılar ile çarpılarak tasarım spektral ivme katsayılarına (S_{DS} ve S_{D1}) dönüştürülmekte ve tasarım ivme spektrumu bu değerlere bağlı bir şekilde oluşturulabilmektedir. Bu şekilde daha önce tek bir değer olarak verilebilen spektral ivme katsayısı değeri, kısa ve uzun periyod bölgeleri için ayrı olarak belirlenebilecektir (Tunç ve Tanfener ,2016).

TBDY-2018’de standart tasarım deprem yer hareketi için kullanılan istatistiksel parametrelerde bir değişiklik yapılmamış; 2007 Bina Deprem Yönetmeliğinde olduğu gibi 50 yılda aşılma olasılığı %10 ve tekrarlanma periyodu 475 yıl olan deprem hareketi kullanılmıştır. Ancak bazı özel tasarım gerektiren yapılar (yüksek binalar) için farklı deprem düzeylerinin esas alınması zorunlu kılınmıştır. TBDY-2018’de deprem düzeyleri 4 farklı gruba ayrılmıştır. Bunlar DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4 düzeyleridir. DD-2, standart tasarım deprem yer hareketi düzeyi olarak kullanılmaktadır (Tunç ve Tanfener ,2016).

1.6 Zemin Grupları ve Yerel Zemin Tanımı Bakımından Farklılıklar

2007 Bina Deprem Yönetmeliğinde yerel zemin sınıflarının tayin edilebilmesi için kullanılan zemin sınıfları Tablo 2.1’de, zemin grupları ise Tablo 2.2’de verilmiştir. Bu zemin grupları doğrultusunda sınıflanan zeminler Z1, Z2, Z3 ve Z4 olmak üzere toplamda 4 sınıfa ayrılarak incelenmiştir. Burada Z1 en iyi, Z4 ise en kötü özelliklere sahip zemin sınıfını ifade etmektedir. 2018 Bina Deprem Yönetmeliğinde zeminin yapısı ve özelliklerine göre yerel zemin sınıfları toplamda 6 kategoriye ayrılmaktadır. (Tablo2.3) En kötü özelliklere sahip zeminleri temsil eden ZF sınıfı, sahaya özel araştırma gerektiren zemin sınıfı olarak isimlendirilmektedir.

Tablo 2. 1 Zemin Sınıfları (DBYBHY-2007)

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h_1)
Z1	(A) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	$15 \text{ m} < h_1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

Tablo 2. 2 Zemin Grupları (DBYBHY-2007)

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Stand. Penetr. (N/30)	Relatif Sıklık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve sağlam ayrışmamış kayalar, sert metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar. 2. Çok sıkı kum, çakıl. 3. Sert kil ve siltli kil.	— > 50 > 32	— 85–100 —	> 1000 — > 400	> 1000 > 700 > 700
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar. 2. Sıkı kum, çakıl. 3. Çok katı kil ve siltli kil.	— 30–50 16–32	— 65–85 —	500–1000 — 200–400	700–1000 400–700 300–700
(C)	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar. 2. Orta sıkı kum, çakıl. 3. Katı kil ve siltli kil.	— 10–30 8–16	— 35–65 —	< 500 — 100–200	400–700 200–400 200–300
(D)	1. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları. 2. Gevşek kum. 3. Yumuşak kil, siltli kil.	— < 10 < 8	— < 35 —	— — < 100	< 200 < 200 < 200

Tablo 2. 3 Yerel Zemin Sınıfları (TBDY-2018)

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe /30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	–	–
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

1.7Bina Önem Katsayısı ile İlgili Düzenleme ve Farklılıklar

2018 Bina Deprem Yönetmeliğinde binalar, kullanım amaçlarına göre bina kullanım sınıflarına (BKS) ayrılmıştır. Daha önce önem bakımından ikinci düzeyde yer alan okul, yurt, cezaevi ve müze gibi yapılar birinci düzeye getirilmiş, bunun sonucu olarak önem katsayıları da 1.4 değeri yerine 1.5 değerine yükseltilmiştir. Buradan, bu tip yapılara etkiyecek deprem yükünde (önem katsayısı ile doğru orantılı olarak) yaklaşık %7 derecesinde artış meydana geleceği sonucu çıkarılabilir.

1.8Deprem Tasarım Sınıfı ve Bina Yükseklik Sınıfı Bakımından Farklılıklar

TBDY-2018’de binaların sınıflandırılmasına yönelik yeni tasarım kriterleri yer almaktadır. Bunlardan birisi, kısa periyod tasarım spektral ivme katsayısına (S_{DS}) ve bina kullanım sınıfına (BKS) göre yapılan sınıflandırma olan Deprem Tasarım Sınıflarıdır. DTS değeri, spektral ivme katsayılarına göre 4 farklı sınıfta incelenmektedir. Birinci kullanım sınıfında (BKS=1) yer alan binalarda DTS değerinin yanında “a” harfinin yer aldığı görülmektedir. DTS=1a sınıfında yer alan binalar, tasarım kriteri bakımından en kritik sınıfta yer alan binalardır. Bina yükseklik sınıfları (BYS) ise binanın yüksekliği ve DTS’ye göre belirlenmekte olup; 1’den 8’e kadar gruplandırılmıştır. BYS=1 sınıfı en yüksek binaları temsil etmektedir.

1.9 Diğer Ana Farklılıklar

Tasarım esaslarındaki değişikliklere ek olarak iki yönetmelik arasındaki diğer ana farklılıklar aşağıdaki maddeler ile belirtilebilir:

- 2007 Bina Deprem Yönetmeliğinde 7, 2018 Bina Deprem Yönetmeliğinde ise 17 bölüm bulunmaktadır.
- Yüksek binaların tasarımlarına ilişkin özel kuralları içeren yeni bir bölüm 2018 Bina Deprem Yönetmeliğine eklenmiştir.
- Deprem yalıtımlı binaların tasarımı için uyulması gereken özel kurallar yeni bir bölüm olarak 2018 Bina Deprem Yönetmeliğinde Bölüm 14’te anlatılmıştır.
- Hafif çelik binalar, ahşap binalar ve ön üretilmiş betonarme binaların tasarımına ilişkin kurallar, yeni yönetmelikte ayrı bölümlerde incelenmiştir.
- Kerpiç binaların tasarımına ilişkin kurallar yeni yönetmelikte yer almamaktadır.

3. DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK YIĞMA YAPILARIN TASARIMI HAKKINDA 2007 VE 2018 DEPREM YÖNETMELİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Yığma binaların ülkemiz inşaat sektöründe oldukça fazla tercih edilmesi, doğal olarak bu tip yapıların, özellikle deprem kuvvetlerine göre, tasarımını da önemli bir hale getirmektedir. Bu sebeple, yayınlanan her yeni deprem yönetmeliğinde teknoloji ve tecrübelerin getirdiği kazanımların yığma bina tasarımlarına aktarılması ve iyileştirmeye gidilmesi kaçınılmazdır.

Fakat 2007 Bina Deprem Yönetmeliği, ilave edilmiş birkaç bölüm ve küçük çaplı değişiklikler dışında 1998 Deprem Yönetmeliği ile hemen hemen aynıdır. Anılan yönetmeliklerde “Yığma Binaların Tasarımı” ile ilgili kısımların da birbiri ile hemen hemen aynı kapsamda oldukları görülmektedir. Dolayısıyla 10 yıla yakın bir süre boyunca inşaat ve deprem mühendisliği alanlarında elde edilen bilimsel kazanımlarının tasarım kurallarına yansıtılmadığı söylenilebilir.

Bu tezin konusu olarak ele alınan 2007 ve 2018 Bina Deprem Yönetmeliklerinin yığma bina tasarımı ile ilgili bölümleri incelendiği zaman aradan geçen zamana paralel olarak, yeni deprem yönetmeliğinin ilgili kısmının oldukça genişletildiği görülmektedir.

Tezin bu bölümünde deprem bölgelerinde yapılacak yığma binaların tasarımı hakkında *DBYBHY-2007* ve *TBDY-2018* yönetmeliklerinin ilgili kısımları anlatılarak karşılaştırma, yorum ve çıkarımlara yer verilmiştir. Karşılaştırmanın daha verimli ve

anlaşılabilir yapılabilmesi maksadı ile bu bölüm “*Kapsam Bakımından Karşılaştırma*”, “*İzin Verilen En Çok Kat Adet ve Yükseklikleri Bakımından Karşılaştırma*”, “*Malzeme ve Dayanımlar Bakımından Karşılaştırma*” ve “*Deprem Hesabı Bakımından Karşılaştırma*” olarak dört ana başlıkta incelenmiştir.

1.10 Kapsam Bakımından Karşılaştırma

2007 Deprem Yönetmeliğinde içerik olarak sadece “donatısız” ve “kuşatılmış” yığma binalardan bahsedilmesine karşın, 2018 Deprem Yönetmeliğinde bunlara ek olarak “donatılı yığma bina” ve “donatılı panel sistemli binalar” da yer almaktadır. Yığma bina tasarımı için donatı kullanımının yaygınlaşmasının yönetmelik tarafından desteklenmesi, depreme karşı alınan tedbirler açısından bir kazanım olarak değerlendirilebilir.

1.11 İzin Verilen En Çok Kat Adet ve Yükseklikleri Bakımından Karşılaştırma

DBYBHY 2007’de, yığma binalarda her bir katın yüksekliğinin döşeme üstünden döşeme üstüne en çok 3 m olacağı; kerpiç duvarlı yığma binalarda tek katın yüksekliğinin 2.70 m’den, eğer yapılmış ise bodrum kat yüksekliğinin 2.40 m’den fazla olamayacağı öngörülmüştür. Yönetmelikte ayrıca en çok bir bodrum kat yapılabileceği, birden fazla bodrum kat yapılırsa en çok kat sayısının bir azaltılacağı ve bu katlara ek olarak yapılacak çatı katının alanının, temeldeki binanın brüt alanının %25’inden büyük olamayacağı öngörülmüştür.

TBDY 2018’a göre yığma binalar için izin verilen en çok kat adetleri (bina yükseklik sınıfları) verilmiştir. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları belirlenmiştir. 2007 yönetmeliğindeki benzer olarak, bu katlara ek olarak yapılacak çatı katı alanının temeldeki bina brüt alanının %25’inden fazla olamayacağı ve sadece bir bodrum kat yapılabileceği belirtilmektedir.

1.12 Malzeme ve Dayanımlar Bakımından Karşılaştırma

Her iki yönetmeliğin de yığma duvarlarda kullanılacak kargir birimlerin özellikleri ile ilgili kısımlarına bakıldığı zaman aşağıdaki çıkarımlar yapılabilir;

2007 Deprem Yönetmeliğinde kerpiç ve kireç kumtaşı gibi düşük dayanımlı malzemelerin kargir birim olarak kullanılmasına izin verilirken, 2018 Deprem Yönetmeliğinde anılan malzemelere izin verilmemiştir. Kargir birimlerin basınç dayanımları ile özellikler 2018 Deprem Yönetmeliğinde daha geniş olarak ele alınmıştır.

2018 Deprem Yönetmeliğinde, donatılı panel sistemli binalarda kullanılacak gazbeton sınıfı için sınırlandırma getirilmiştir. DBYBHY 2007’de, yığma binalarda kullanılacak beton sınıfının en az C16 olması gerektiği belirtilmişken, TBDY 2018’de bu sınıf en az C25 olarak öngörülmüştür. Kapı ve pencere boşluklarında kullanılacak lentolar hakkında benzer kurallar belirttiği görülmektedir. 2018 Deprem Yönetmeliğinde lento minimum yüksekliği ile ilgili bir kural mevcuttur. Yatay hatlılar hakkında ilgili kısımları incelendiği zaman; 2018 Deprem Yönetmeliğinde beton kalitesinin artırıldığı, etriye aralıklarının azaltıldığı, boyuna donatı çapının artırıldığı, etriye boyunun artırıldığı görülmektedir. Ayrıca 2018 Deprem Yönetmeliğinde moloz taşlı ve kerpiç yığma binalara izin verilmediği için bu tip yapılarda kullanılacak yatay hatlılarla ilgili kısımlar yer almamaktadır.

1.13 Deprem Hesabı Bakımından Karşılaştırma

DBYBHY-2007’de, yığma binalar için Bölüm 5’te verilen tüm kurallara uyulması durumunda, ayrıca deprem hesabı yapılmasının gerekli olmadığı ancak, deprem hesabı yapılması durumunda, Bölüm 5’te verilen kuralların tümüne uyulması koşulu ile spektrum katsayısı $S(T1) = 2.5$ ve deprem yükü azaltma katsayısı $Ra(T1) = 2.0$ alınarak Bölüm 2’de verilen “Eşdeğer Deprem Yüğü” hesap yönteminin uygulanması gerektiği öngörülmüştür.

TBDY-2018’de, yığma binaların deprem hesabı için bina taşıyıcı sisteminin modellenerek düşey ve yatay yüklerin birleşik etkileri altında yapısal çözümleme yapılacağı belirtilmektedir. Yapısal çözümleme için sonlu elemanlar ya da eşdeğer çubuk yöntemlerinden birinin kullanılması öngörülmüştür. Ancak bu yöntemlerin hangi koşullarda ve neye göre seçileceği TBDY-2018’de açık bir şekilde belirtilmemiş olduğu; bunun yönetmelik açısından bir belirsizlik ortaya çıkarabileceği tespit edilmiştir.

4. SEÇİLEN ÖRNEK BİR YIĞMA BİNANIN DBYBHY-2007 VE TBDY-2018’E GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI

Seçilen örnek yığma bina, her iki yönetmeliğin binaya uygun maddelerine göre karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlara göre farklar ortaya konulmuştur. İstanbul, Fatih İlçesi, Yedikule İmrahor Mahallesi İstasyon Caddesi No:22-24 adresinde konut olarak kullanılan örnek yığma bina, 2 kısmi bodrum, zemin + 1 normal kat ve doğu ve batıda 2 kısmi çatı katından oluşmaktadır. Analizi yapılan yığma binanın taşıyıcı sistemi tuğla yığmadır. Döşemeler ahşap döşemedir. Duvar ve tavan yüzeyleri sıva üstü boya olduğu yapılan incelemelerde tespit edilmiştir. Ahşap merdivenlerle üst

katlara ulaşılmaktadır. Ahşap oturtma çatı, beşik çatı biçimindedir ve marsilya tipi kiremit örtüsü kaplıdır.

- Binanın kat yüksekliği 4.10 m olarak ölçülmüştür. Bina zemin kat+1 kat ve kısmi çatı katından oluştuğundan dolayı 2007 deprem yönetmeliğinde belirtilen en fazla kat adedi kuralına uymadığı tespit edilmiştir.. TBDY-2018' e göre yapılan hesaplarda maksimum kat yüksekliği sınırını aştığı tespit edilmiştir.
- Yığma binanın taşıyıcı duvarlardaki en büyük mesnetlenmemiş duvar boyu ile ilgili şartlar her iki yönetmelikte de en çok 5, 5 m olarak belirlenmiştir. Örnek yığma binanın kat planları incelendiğinde maksimum desteklenmemiş uzunluğunun 5.90 m olarak ölçülmüştür. Bu yüzden taşıyıcı duvar parçasının mesnetlenmemiş en büyük uzunluğu her iki yönetmeliği sağlamadığı tespit edilmiştir.
- Yapılan yerinde inceleme sonucunda duvar malzemesi olarak dolu harman tuğlası kullanıldığı belirlenmiştir. Her iki yönetmelik için uygundur.
- DBYBHY-2007'de Birinci derece deprem bölgesinde yer alan iki katlı yığma binaların taşıyıcı duvarlarının (zemin ve birinci katlarda) en küçük kalınlıkları bir 20 cm'dir. (zemin katta 45 cm, 1. katta 35 cm'dir. TBDY 2018' de donatısız yığma kagir birimler ile min 24 cm'dir. (zemin katta 45 cm, 1. katta 35 cm'dir.) Her iki yönetmelik için uygun olduğu tespit edilmiştir.
- Yığma binanın taşıyıcı duvarlardaki boşluklar ile ilgili şartları her iki yönetmelik için uygundur.
- Yığma binanın taşıyıcı duvarlarda bırakılan kapı ve pencere boşlukları ile ilgili şartları her iki yönetmelik için uygundur.
- Her iki yönetmeliğin de yığma binalarda yapılacak döşemelerin betonarme olması öngörülmektedir. Uygun değildir.

5. SONUÇLAR

- 2007 DBYBHY'e göre deprem tehlikesi ve bunun zeminle ilişkisi yüzeysel olarak dikkate alınmaktaydı.
- 2018 TBDY ile birlikte yürürlüğe giren sismik tehlike haritası kavramı ile birlikte zemin etkisi hesaplara daha gerçekçi olarak etki etmektedir. Bu yüzden yeni yönetmeliğin deprem tehlikesini daha gerçekçi olarak ortaya koyduğu belirlenmiştir.

- 2018 TBDY ile birlikte yığma yapıların tasarım kriterlerinin geliştirildiği gözlemlenmiştir.
- Çalışmada seçilen binanın deprem yönetmeliklerindeki ampirik kurallara uyup uymadığı incelenmiştir.
- Yönetmeliklere göre yığma binaların tüm kurallara uyması gerektiği söylenmektedir. 19. yy sonlarında inşa edildiği bilinen yapının yönetmeliklerin tüm kurallarını yerine getirmediği tespit edilmiştir.
- Ancak yapı yaşamı boyunca bir çok büyük deprem atlatmış ve hasar görmüştür. Bu davranış gösteriyor ki, yönetmelik kurallarına birebir uyulmasa bile, yığma bina tasarımında kritik kurallara uyulması ile yapı deprem kuvvetlerini karşılayabilmektedir.
- Depreme dayanıklı tasarım anlayışında hedef yapının tam olarak göçmemesi ve can kaybına sebep olmamasıdır.
- Tüm tasarım detayları ile yönetmelik kurallarını sağlamasa da; basit planlı, kutu şeklinde yapılmış sürekli planlı yapılar, ana taşıyıcı duvarlarının üst katlardaki sürekliliği, doğru örgü teknikleri, köşe bağlantıları ve kapı- pencere boşluk oranlarına sahip, özenli işçilikli, çimento harçlı bölücü duvarları ve çatıları hafif malzemeler ile üretilmiş, rijit döşemeye sahip yığma binalar depremler sonrasında az hasarlı olarak, yıkılmadan ayakta kalabilmektedir.
- Yönetmelikte ampirik kurallar ile verilen ve deprem hesabına gerek duyulmadan inşa edilebilen yığma binaların tüm bu avantajları kullanılarak, günümüzde kaliteli malzemeler ile çok çağdaş ve sağlam yapılar yapılabilir.

6. KAYNAKÇA

- AFAD (2019). <https://tdth.afad.gov.tr> ,15.02.2019.
- Arun, G. (2005). Yığma Kagir Yapı Davranışı. *Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, ODTÜ, Ankara, TR.*
- Çırak, I. (2011). Yığma Binalarda Oluşan Hasarlar, Nedenleri ve Öneriler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 3(2):55–60.
- DBYBHY (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. *T. C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü.*

- Sezen, H. (2000). *Structural Engineering Reconnaissance of the August 17, 1999, Kocaeli (Izmit), Turkey, Earthquake*. Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, Los Angeles, USA.
- TBDY (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. *T. C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü*.
- TS 2510 (1977). Kargir Duvarlar Hesap ve Yapım Kuralları. *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*.
- Tunç, G. ve Tanfener, T. (2016). 2007 ve 2016 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliklerinin Örneklerle Mukayesesi. *3. Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi*.

INVESTIGATION OF THE COMBUSTIBILITY POTENTIAL OF INDUSTRIAL WASTE SLUDGE

Dr Selcuk SELIMLI

Karabuk University

Mehmet OZKAYMAK

Karabuk University

Çagil Yaman KOYMATCIK

Karabuk University

Abstract: Depletion of fossil fuel sources and the increase in the unit prices directs the researchers and demanding community to alternative fuels such as renewable energy. Besides renewable energy, the evaluation of wastes as fuel is also the important remedy of fuel requirement. In this study, an industrial plant wastewater treatment plant waste sludge that is the end of the decomposition process stack combustibility potential has been searched. It is concluded that the sludge could be assessed as a fuel with the average calorific value of 1,221 kcal/kg. It could be added the group of low caloric value fuels that are furnace gas, formalin gas, corex gas, and CO gas.

Keywords: waste sludge, industry, fuel

Introduction

Waste feedstock of the industrial utilizations is to be turned into the economy by different methods such as recovery of valuable materials, production of new materials, and turning into a fuel. The important drivers that are lowering in land filling, reduction of fossil fuel dependence, decrease greenhouse gas pollution and emissions, eligibility for carbon credits and tax incentives by fuelling the energy production from wastes [1]. Additionally, increase in energy prices, competitive conditions in the market, growth of population, environmental considerations, fossil fuel emissions motivate the people to search new alternative energy sources. To get fuel, physical, thermal, biological or chemical processing could be required. Gasification, pyrolysis, anaerobic digestion etc. are some of the waste to fuel conversion methods to get gas or liquid base fuels. Incineration is another waste to energy converting method by the

burning of solid waste to generate hot water to supply a steam turbine to generate shaft work and converting it into the electricity by a generator. Also, combustion heat is used to heat living spaces. Combustible compounds of the solid households and industrial waste are to be separated and burned to generate energy by incineration. Separation of low energetic and inert composition from the waste allow high quality, and caloric value fuel. Solid based waste fuel production decreases the dependency on fossil fuels. The waste higher heating value is important for judging it's worth as fuel [2]. Heating value is necessary to analyse and design any fuel-based energy systems [3]. The most common methods recently being practised evaluating the heating value of waste by using the derived equation, or experimentally by using the bomb calorimeter [4]. Determination of higher heating value from the elemental compounds of fuel is one of the basic steps in performance modelling and calculations on thermal systems [5]. There are several formula shown in the field to determine the higher heating value of fuels from the basic data analysis, such as proximate, ultimate and chemical composition analysis [6]. Garcia et al. experimentally determined the higher heating value of 100 different samples that are biomass. Ultimate analysis equations were used to create a correlation between data, to quantify the detected dependence of higher heating value on carbon and oxygen content [7]. Yin studied two new empirical correlations based on ultimate and proximate analyses. The higher heating value of biomass predicted by this way. It is concluded that these correlations are applicable to the simple manual calculations of carbon and hydrogen contents [8]. Demirbas discussed that proximate and ultimate analyses result of wastes differ considerably, some properties of the biomass samples such as the hydrogen content, the sulphur content and the ignition temperatures [9]. Moreno et al. commented that different models have relied upon elemental, proximal, structural, physical and chemical analyses to determine the values of necessary heat variables, although those relying on the results of the first two types of analysis have been the most popular [10]. Cooper et al. predicted a new equation to determine the heating value of hazardous and non-hazardous materials. The model considers the carbon, hydrogen, oxygen, chlorine, and sulphur content of the material being combusted [11]. Akkaya and Demir developed a model to estimate the higher heating value of solid waste using their contents of water, carbon, hydrogen, nitrogen, oxygen and sulphur. The results of this study show that the developed model equation shows high estimation performance [12].

In this study, to relate the heating value of the industrial waste mud determined by bomb calorimetric analyses. Heating value of a fuel sample has been characterized

by the contents (in mass% of dry material) of carbon, hydrogen, nitrogen, oxygen, sulphur, chlorine and ash in chemical base [13].

Material and Methods

Waste water treatment plant accumulated waste sludge by the precipitation of the production waste water includes the economically valuable magnetic and also combustible elements. The recoverable magnetic content of the waste sludge has the economical potential. Additionally the nonmagnetic part of the sludge is also includes combustible content. The experimental analyses of the combustibility of the waste sludge investigated experimentally. First of all, samples were taken from the bulk mass of sludge due to “TS ISO 11648-2 – Statistical aspects of sampling from bulk materials – Part 2: Sampling of particulate materials”. The combustible content of the sludge samples were determined instrumental methods due to EN 15104:2011 (“Solid biofuels - Determination of total content of carbon, hydrogen and nitrogen - Instrumental methods”) and EN 15289:2011 (“Solid biofuels. Determination of total content of sulfur and chlorine”).

Results and Discussions

The Vario MACRO Cube elemental analyser were used to determine the combustible content rates in the samples. The average content of samples were given in Table 1.

Table 1. Combustible chemical content of waste sludge.

Element	Dry base (%)
C	15.29
H	1.72
S	0.7

The combustible content in Table 1 is the motivation of this study. The samples were combusted by IKA WERKE C200 model bomb calorimeter due to ASTM D5865 (“Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke”). The calorific values of the samples were given in Table 2.

Table 2. Higher heating value of the samples.

Sample	1	2	3	4	5	6
HHV (kcal/kg)	1,119	1,227	1,218	1,261	1,178	1,323

The average higher heating value of the tested samples were determined 1,221 kcal/kg. The heating value of the waste sludge is low and could be classified in the low calorific value fuels group that consists furnace gas, formalin gas, corex gas, CO gas, domestic wastes, braun carbon, and etc. The products of the combustion process is given in Table 3.

Table 3. Average value of combustion products.

Content	Moisture	Ash	Volatile substances	Sulphuric content
Content rate (%)	2.69	66.42	30.26	0.63

The bulk mass of solid waste could be reduced by the combustion process. The ash could be drawn away from the plant without the requirement of special destruction process and with a less mass requires less transportation cost. Usage of waste as a fuel in different processes add an economical value to the waste.

Conclusion

The bulk mass of sludge can not be thrown out environment and it requires the annihilation process in the current case. The annihilation cost of the sludge for the facility is about 103,852.8 \$ annually. By the evaluation of the waste sludge as a fuel in the facility eliminates the special annihilation costs. Combustion of the sludge by a special burner and getting hot usage water or space heating could be applicable and decrease the fuel costs to this requirements add economical contribution to the plant. If lignite coal is taken as an example energy source a low heating value fuel with higher heating value is 3,384 kcal/kg and for per kilogram of waste sludge combustion instead of lignite in a combustor means the decrease of combusted lignite mass 36%. Per tones of lignite cost is 38 \$ and the saving potential by the usage of the sludge as a fuel is about 13.81 \$.

References

- Akkaya, Ebru- Ahmet DEMIR, “Energy content estimation of municipal solid waste by multiple regression analysis”, 5th International Advanced Technologies Symposium (IATS'09), May 13-15, 2009, Karabuk, Turkey.
- Brar, Satinder Kaur- Saurabh Jyoti Sarma- Mausam Verma, “Energy recovery from municipal and industrial wastes: how much green?”, *Hydrology Current Research*, 5, 2012, p.1-2.
- Channiwala, S.A.- P.P. Parikh, “ A unified correlation for estimating HHV of solid, liquid and gaseous fuels”, *Fuel*, 81, 2002, p.1051-1063.
- Cooper, C. David- Brian Kim, John MacDonald, “Estimating the lower heating values of hazardous and solid wastes”, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 49, 1999, p. 471-476.
- Demirbas, Ayhan, “ Combustion characteristics of different biomass fuels”, *Progress in Energy and Combustion Science*, 30, 2004, p.219–230.
- Friedl, A.- E. Padouvas- H. Rotter- K. Varmuza, “Prediction of heating values of biomass fuel from elemental composition”, *Analytica Chimica Acta*, 544, 2005, p.191–198.
- García, Roberto- Consuelo Pizarro- Antonio G. Lavín- Julio L. Bueno, “Spanish bio-fuels heating value estimation. Part I: Ultimate analysis data”, *Fuel*, 117, 2014, p.1130–1138.
- Kathiravale, Sivapalan- Muhd Noor Muhd Yunus- K. Sopian- A.H. Samsuddin- R.A. Rahman, “Modeling the heating value of municipal solid waste”, *Fuel*, 82, 2003, p.1119-1125.
- Koymatcik, Cagil- Mehmet Ozkaymak- Selcuk Selimli, “Recovery of iron particles from waste water treatment plant of an iron and steel factory”, *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 21, 2018, p.284–288.
- Meraz, Laura- Armando Domínguez- Isaac Kornhauser, Fernando Rojas, “A thermochemical concept-based equation to estimate waste combustion enthalpy from elemental composition”, *Fuel*, 82, 2003, p.1499-1507.
- Moreno, J.M. Vargas- A.J. Callejón Ferre- J. Pérez Alonso-, B. Velázquez Martí, “A review of the mathematical models for predicting the heating value of biomass materials”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 2012, p.3065–3083.

- Nhuchhen, Daya Ram- P. Abdul Salam, “Estimation of higher heating value of biomass from proximate analysis: A new approach”, *Fuel*, 99, 2012, p.55-63.
- Sheng, Changdong- J.L.T. Azevedo, “Estimating the higher heating value of biomass fuels from basic analysis data”, *Biomass and Bioenergy*, 28, 2005, p.499–507.
- Yin, Chun Yang, “ Prediction of higher heating values of biomass from proximate and ultimate analyses”, *Fuel*, 90, 2011, p.1128–1132.

ÇOK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ DALGACIK ANALİZİ İLE İSTANBUL RÜZGAR HIZI ANALİZİ

Gizem KULAKLI

İstanbul Teknik Üniversitesi

M. Furkan İLASLAN

İstanbul Teknik Üniversitesi

Ömer AKGÜN

Marmara Üniversitesi

T. Çetin AKINCI

İstanbul Teknik Üniversitesi

Özet: Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynaklarından en çok tercih edilen Rüzgâr enerjisinin İstanbul için analizi yapılmıştır. Analizde Çok Çözünürlüklü Dalgacık Analizi (Multi Resulation Wavelet Analysis) yapılmıştır. Çalışma sonuçlarından elde edilecek verilerden kurulması planlanacak muhtemel Rüzgâr santralleri için fizibilite raporları olarak kullanılabilir nitelikler içermektedir. Bu anlamda İstanbul'da yüksek frekanslı Rüzgâr hızının daha iyi anlaşılmasına ve ölçüm alanında mobil küçük ölçekli Rüzgâr santrallerinin yatırımı için gerekli olan temel mekanizmanın daha iyi bilinmesine katkıda bulunmaktadır. Yapılan analizlerde dalgacık skalası ile frekans arasındaki ilişkiye bağlı olarak, sonuçlar, rüzgar hızı değişkenliğinin mevsimsel ve aylara göre farklı frekans özellikleri içerdiğini göstermektedir. Ayrıca rüzgar hızının farklı hızlarda toplanan datalardan iki temel ölçek aralığı tanımlanabilmektedir. Küçük ölçeklerde daha yüksek dalgacık varyansı gösterirken, daha yüksek ölçekler ise düşük dalgacık varyasyon farkıyla karakterize edilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Rüzgâr Hızı, Rüzgâr Enerjisi, MRWA, Dalgacık Analizi.

Istanbul Wind Speed Analysis With Mrwa

Abstract: In this study, the most preferred wind energy from renewable energy sources was analyzed for Istanbul. Multi-Resolution Wavelet Analysis was performed in the analysis. The data to be obtained from the results of the study includes the qualifications that can be used as feasibility reports the possible wind farms to be established. In this sense, it contributes to a better understanding of high-frequency wind speed in Istanbul and better knowledge of

the basic mechanism required for the investment of mobile small-scale wind farms in the measurement area. Based on the relationship between wavelet scale and frequency, the results show that wind speed variability includes seasonal and month-by-month frequency characteristics. In addition, two basic scale ranges can be defined from the data collected at different speeds of wind speed. Smaller scales show higher wavelet variance while higher scales can be characterized by low wavelet variation.

Keywords: Wind Speed, Wind Energy, MRWA, Wavelet Analysis.

1. GİRİŞ

Günümüzde enerji ekonomik ve politik güç olarak kabul edilen en önemli değerlerdendir. Teknolojinin günlük hayatın her noktasına nüfuz etmesi, hayatımızın ayrılmaz bir parçası olması insanoğlunun enerjiye olan ihtiyacını ve bağımlılığını arttırmıştır [1-3]. Artan nüfus ve teknoloji enerji ihtiyacının artmasına sebep olmaktadır bu enerji ihtiyacının tükenebilen bir enerji kaynağı ve aynı zamanda çevreye ciddi zararlar veren fosil yakıtlarla karşılanamayacağını anlayan insanoğlu yeni ve alternatif çözümler aramaktadır [4] Yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar enerjisi bu alternatif çözümlerden biri ve günümüzde en umut verici yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları, ülke genelindeki yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyel belirleyici çalışmaları ve çeşitli bölgelerdeki rüzgar potansiyelinin uygunluğu, hem ulusal hem de uluslararası literatürde ki birçok çalışma için araştırmaya değer bulunmaktadır. Özellikle son yıllarda çevresel etmenler ve fosil yakıt kaynaklarının azalması yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelişi arttırmıştır [5-7]. Fosil yakıt enerji kaynakları için yabancı kaynaklara bağımlı olmasının riskleri ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmanın önemi hakkında birçok araştırma yapılmıştır. Yapılan bu analizler, rüzgar enerjisi potansiyelini belirlemeye yönelik araştırmalar da bölge potansiyeli ve potansiyel analiz modellerinden oluşmaktadır [6-9].

1.1. Rüzgâr ve Rüzgâr Hızı Ölçümü

Rüzgâr en basit tanımla Dünya yüzeyinin kara ve suların öz ısılarının farklı olması sebebiyle Güneş tarafından dengesiz ısınması sonucu oluşan havanın hareketidir [10]. Isınan hava genişler ve öz kütlesi düşerek yükselerek alçak basınç alanları oluşturur. Daha soğuk hava ise yüksek basınç alanları oluşturur. Oluşan yüksek basınç alanlarından, alçak basınç alanlarına doğru hava akımı olur. Oluşan bu hava akımlarına rüzgâr denir. Atmosferdeki sıcaklık farkını etkileyen faktörlerden bazıları

Güneş ışınlarının gelme açısı, yükselti, bitki örtüsü, güneşlenme süresi, kara ve denizlerin dağılımı, okyanus akıntılarıdır. Rüzgârları başlıca üç gruba ayırmamız mümkündür. Bunlar; alansal basınç farkından meydana gelen genelde su ve karanın farklı hızla ısınmasından oluşan yerel rüzgarlardır. Yerel rüzgarlar, iklimi etkileyen daima aynı yönde esen sürekli rüzgarlar ve kıtaların, okyanusların aynı oranda ısınmaması sonucu oluşan, mevsimlik rüzgarlar olarak da adlandırılan yüksek hızlara sahip rüzgarlardır. Criolis etkisi batıdan doğuya dönen Dünya'nın yüzeyinde hareket eden hava güney yarım kürede havayı soluna saptırırken, kuzey yarım kürede sağına saptırması durumudur [10,11].

Rüzgâr hızı anemometre olarak adlandırılan ölçüm cihazlarıyla ölçülür [12]. Rüzgâr hızı için, ölçümün yapılacağı sahada uygun alanlar belirlenir ve ölçüm ekipmanlarını taşıyacak ölçüm direkleri kurulur. Ölçüm direkleri rüzgâr yönüne dik olacak şekilde yerleştirilir. İki tip ölçüm direği kullanılır bunlar kafes tipi ölçüm direği ve boru tipi ölçüm direkleridir [13]. Anemometreler genel olarak üç tipten meydana gelmektedir. Ultrasonik anemometreler her bir uçtan yayılan ses dalgasının öbür kol üzerinden alınması arasında geçen sürenin ölçülmesiyle çalışmaktadır. Kepece anemometrede ise kepece rotorunun tam bir turunun süresine bakılarak rüzgâr hızı ölçülür. Propeller anemometrenin çalışma prensibi de kepece anemometrelerle aynıdır. Bu tip anemometreler rüzgâr yönüne dik monte edildiğinde de dikey rüzgar hızının paralel monte edildiğinde yatay rüzgâr hızını ölçerler. Rüzgar hızına etki eden faktörler; basınç farkı, basınç merkezleri arasındaki mesafe, dünyanın dönüşü ve sürtünmedir. Rüzgarın yönünü etkileyen faktör ise, basınç merkezlerinin konumu, yeryüzü şekilleri ve dünyanın dönüşüdür [10-13].

2. MATEMATİKSEL ANALİZ

Bu çalışmada, rüzgar verilerinin saatlik alınması yani parçalı olması sonucu, Çok Çözünürlüklü Dalgacık Analizi (ÇÇDA) yöntemi kullanılarak İstanbul'un 2004 rüzgar verileri incelenmiştir.

2.1. WAVELET (DALGACIK) ANALİZİ

Çok çözünürlüklü analizi, sürekli yada ayrık bir sinyalin temel ölçeklerinin zaman gibi temel değişkenlere ayrılarak çözümlenmesidir. Fourier Analizi, sinyalin bütün olarak çeşitli frekansların tespit edilmesini sağlamasına rağmen sinyalde bu frekansların genlik ve ölçek bilgisi hakkında bilgi verememektedir [14]. Çok çözünürlüklü dalgacık analizi sinyallerin çeşitli çözünürlük seviyelerine ayrılmasını

sağlar. Daha iyi çözünürlüklü veriler yüksek frekansta yer alırken, düşük çözünürlüklü bileşenler düşük frekanslıdır. Çok çözünürlüklü dalgacık analizini bir dizi filtre yaklaşımı oluşturmaktadır [15].

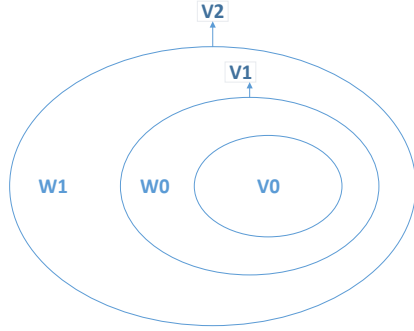
2.1.1. Ölçeklendirme İşlevleri ve Alt Uzay Fonksiyonu

Sinyal çözümlenmesinde, yüksek ölçeklerdeki fonksiyonlar, düşük ölçeklerdeki fonksiyonları kapsar. Denklem 1 de ölçeklendirmelerin birbirlerinin alt kümesi olduğu gösterilmiştir. Denklem 2 de ölçeklendirmede en küçük birimin sıfır olduğu görülmektedir.

$$v_{-\infty} \subset \dots \subset v_{-1} \subset v_0 \subset v_1 \subset v_2 \subset \dots \subset v_{\infty} \quad (1)$$

Bu denklemle yapılan açıklamanın şema ile gösterilmiş hali şekil 1'deki gibidir.

$$v_{-\infty} = \{0\} \quad (2)$$



Şekil 1. Ölçeklendirme ve alt uzayın venn şeması ile gösterimi

$$\begin{aligned} v_1 &= v_0 \oplus W_0 \\ v_2 &= v_1 \oplus W_1 \\ &\dots \end{aligned} \quad (3)$$

Çok çözünürlüklü dalgacık analizi $L^2(\mathbf{R})$ de tanımlanır. $L^2(\mathbf{R})$ deki kapalı alt uzaylar dizisi V_j olarak tanımlanır, $j \in \mathbf{Z}$, çok çözünürlüklü dalgacık analizi aşağıdaki özelliklere sahiptir. Ölçeklendirme tipik olarak Z tamsayılar üzerinde matrisel olarak belirtilmektedir [16].

2.1.2. Ayırık Dalgacık Analizi

Giriş sinyalinin frekansını f_s ile temsil edilirse, Nyquist teoremine dayandırılarak, ilk detay çıktısı D_1 yüksek geçiren filtrenin çıkışı olarak görülmektedir. İlk detay $f_s/2$ ile $f_s/4$ arasındaki frekans bandını yakalayacaktır. Aynı şekilde, ikinci detay $f_s/4$ ve $f_s/8$ ve benzerleri arasındaki frekans bandını da yakalayacaktır [17]. Ayırık dalgacık aşağıdaki gibi tanımlanabilir;

$$W(m, n) = 2^{-(m|2)} \sum_{t=0}^{T-1} f(t) \Psi_{a,b} \left(\frac{t-n.2^m}{2^m} \right) \quad (4)$$

$$w_{(a,b)} = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \Psi_{a,b}(t) dt \quad (5)$$

Denklem 4 ve 5’de sinyalin uzunluğu, $f(t)$ sinyalin kendisidir ve ölçeklendirme ve çeviri parametreleri m ve $n(a = 2^m, b = n.2^m)$, t ayırık zaman indeksidir, $\Psi_{a,b}$ ana dalgacıktır [18]. Mallat tarafından geliştirilen hızlı ayırık dalgacık analizinde temel olarak dört filtre vardır (ayırıştırma kısmında alçak geçiren filtre, yüksek geçiren filtre; birleştirme kısmında da alçak geçiren filtre, yüksek geçiren filtre). Ayırık dalgacığa ait bir giriş sinyalini çözmek için sinyal alçak geçiren ve yüksek geçiren filtrelerden geçirilir. Alçak geçiren filtreden geçenler yaklaşım (approximation) ,yüksek geçiren filtreden geçen sinyaller detay (detail) olarak isimlendirilir. Yaklaşımlar ölçeklendirmeler ile alakalıyken detaylar dalgacıkla alakalıdır. Mallat’ın algoritması verilen çok çözünürlüklü bir sinyalden detaylar ve yaklaşımlar alma işlemidir. Bir yaklaşım sinyalin genel eğilimini devam ettirirken, detay çıktıları onun yüksek frekanstaki bileşenlerini gösterir. Orjinal sinyalin daha düşük çözünürlüklü bileşenlere parçalandığı çok seviyeli bir ayırma işlemi yapabilir. Bu çalışmada Mallat’ın çok çözünürlüklü dalgacık analiz yaklaşımı kullanılmıştır [18].

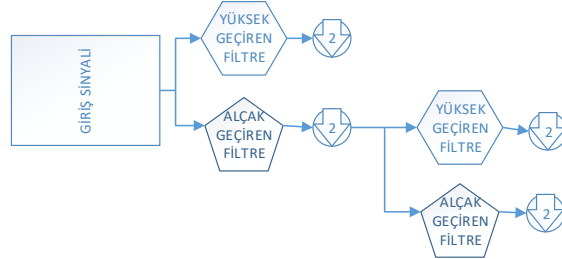
$$\tau(t) = \sqrt{2} \sum_n I_k \tau(2t - n) \quad (6)$$

Denklem 6’da verilen $\tau(t)$ ölçeklendirme fonksiyonu I_k ise $\Psi(t)$ olarak verilen ana dalgacığın alçak geçiren filtre katsayısıdır. Ölçek işlevi yumuşaklığı yakalamak için kullanılırken, ana dalgacıktaki düşük frekanslı bileşenleri yakalamak için alçak geçiren filtre yüksek frekanslı bileşenleri yakalamak için yüksek geçiren filtre kullanılır (Şekil 2). Ölçekleme fonksiyonunun özyinelemeli özelliklerini kullanarak, düşük çözünürlükteki yaklaşıklık katsayılarının olduğu kolayca gösterilebilir. Seviyeler ayrıca daha yüksek seviyenin yaklaşıklık katsayılarından da belirlenebilir.

2.1.3. Ayırıştırma

Herhangibir alt seviyeye ayırıştırma $L^2(\mathcal{R})$ uzayında yapılır. Önce ilk katmanın katsayısı belirlenir. Ayırma katsayısı belirlenen sinyal alçak ve yüksek geçiren filtrelerden geçirilir. Alçak geçiren filtrenin çıktıları yaklaşımları, yüksek geçiren

filtrenin çıktıları detayları verir. Ayırıştırma işlemi alçak geçiren filtre çıktılarından devam eder (Şekil 2).



Şekil 2. Alçak ve yüksek geçiren filtre

2.1.4. Birleştirme

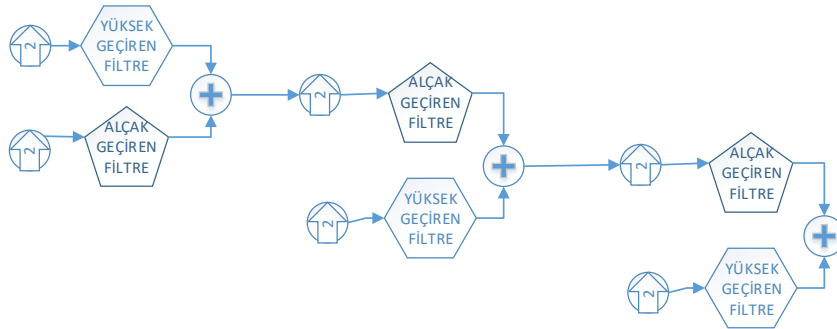
Birleştirme işlemi denklem 7 ile ifade edilebilir. Denklem 11'den de anlaşılacağı üzere V_m ve W_m toplamı bir üst seviyeye eşit olmalıdır. Bu işlemi matematiksel olarak yazılırsa, P_m ve Q_m uzay vektörleri olmak üzere; denklem 8'de terimleri eşleştirerek ve değişkenlerin birkaç dönüşümünü yaparak, aşağıdaki denklem 9 elde edilir.

$$V_{m+1} = V_m \oplus W_m. \quad (7)$$

$$P_{m+1}\{f\} = P_m\{f\} \oplus Q_m\{f\} \quad (8)$$

$$C_{m+1} = \sqrt{2} \sum_i [C_m(l)h(n-2l) + d_m(l)g(n-2l)] \quad (9)$$

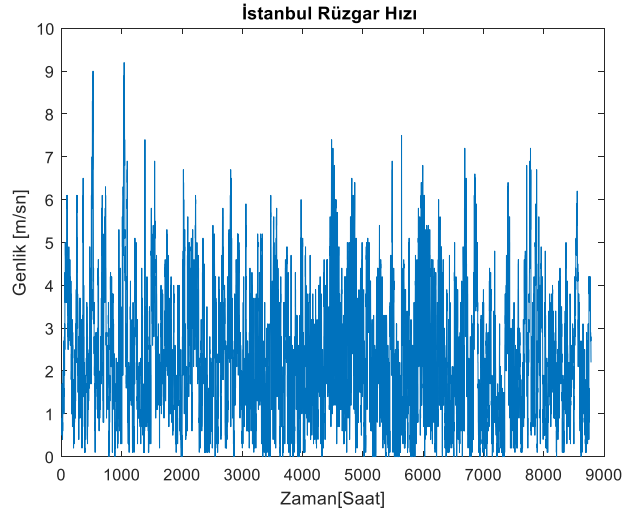
Denklem 12, bir seviye daha yüksek olan yaklaşıklık katsayılarının yeniden yapılandırılır. Şekil 3'de bu temel algoritmanın şeması verilmiştir.



Şekil 3. Birleştirme işleminin temel algoritması

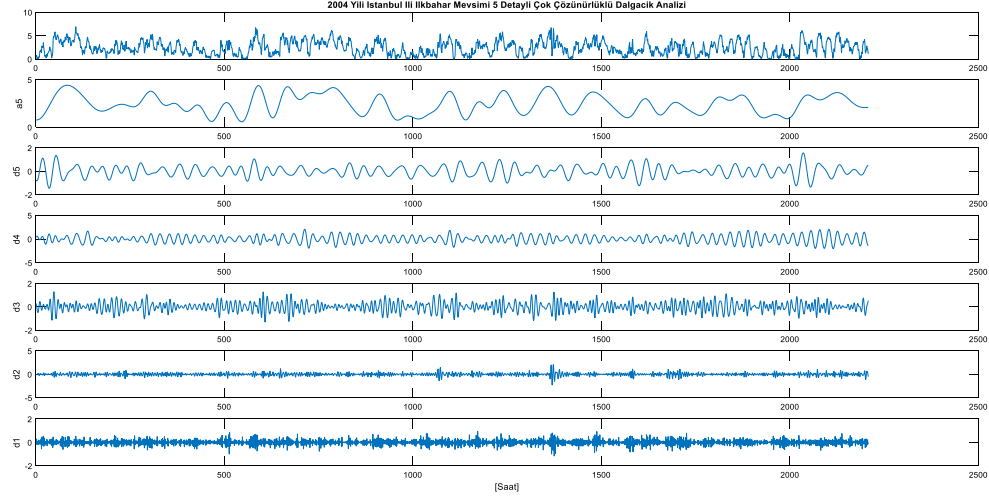
3. İSTANBUL RÜZGAR HIZI VERİLERİNİN WAVELET ANALİZİ

Aşağıdaki Şekil 4’de verilen rüzgar verileri 2004 yılına Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğünden tarafından kayıt edilmiş verilerdir. Yapılan çalışmada, veriler hem yıllık olarak hem de mevsimsel olarak analiz edilmiştir. Şekil 4’de saatlik olarak kayıt edilen verilerin yıllık çizimi gösterilmiştir. Burada yatay eksen zamanı (saat) dikey eksen ise genliği (saatlik rüzgar hızı) göstermektedir.



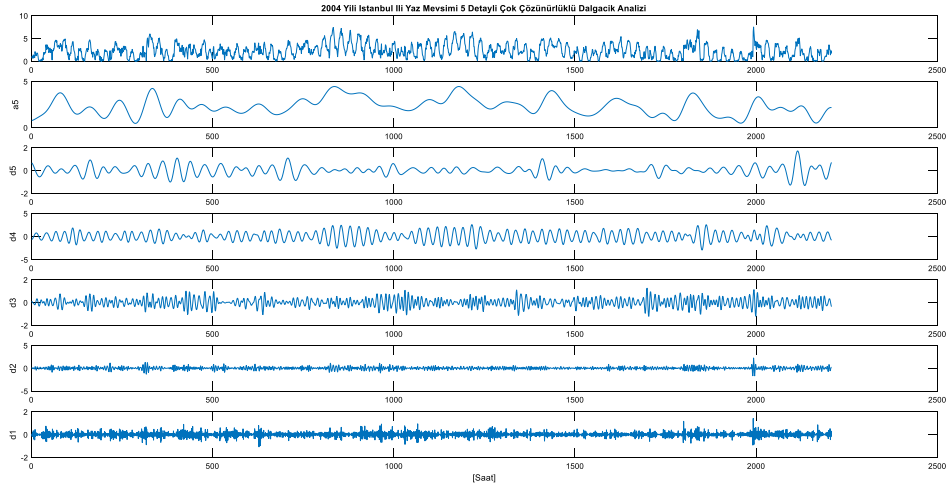
Şekil 4. İstanbul rüzgar hızı (2004 yılı)

Şekil 5’de ise 2004 Yılı İstanbul Rüzgâr hızı verilerinin mevsimsel Çok Çözünürlüklü Dalgacık Analizi (ÇÇDA) verilmiştir. Analizde rüzgar hızının mevsimsel dağılım hızları göz önüne alınarak incelenmesinin daha uygun olacağı düşünülmüştür. Bu anlamda 3 er aylık mevsimsel guruplara ayrılan veri analiz edilmiştir. ÇÇDA grafiği 7 bölümden oluşmaktadır. Üteki işaret ana sinyaldir. İkinci işaret ise yaklaşım işareti (a), diğerleri ise detay (d) işaretleridir. Analiz 5 kademi olduğundan a5 ve d5 grafikleri oluşturulmuştur. Burada a5 ve d işaretlerinin toplamı ana sinyali vermektedir.



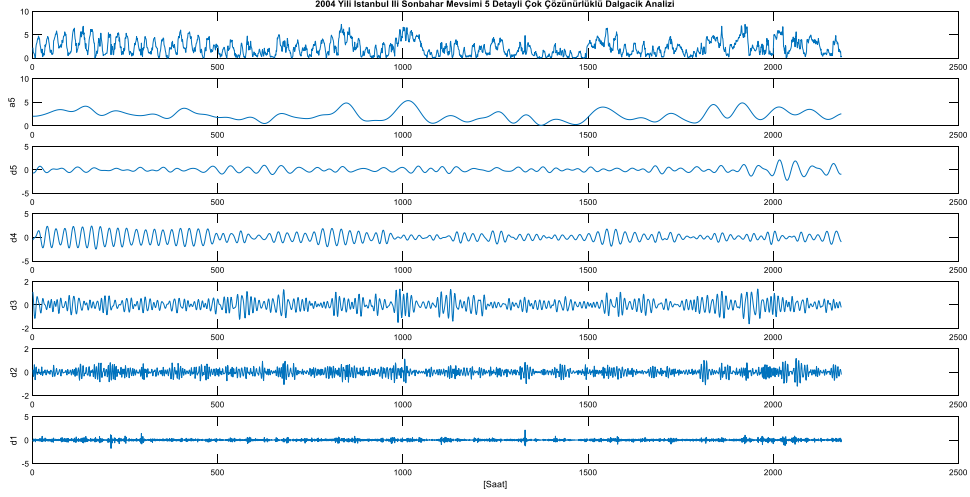
Şekil 5. İstanbul rüzgar hızı verilerinin mevsimsel ÇÇDA (ilkbahar)

Aynı analizle Şekil 6’da yaz mevsimine ait analiz verilmiştir. Şekil 7’de sonbahar ve Şekil 8’de ise Kış mevsimine ilişkin analiz görülmektedir.

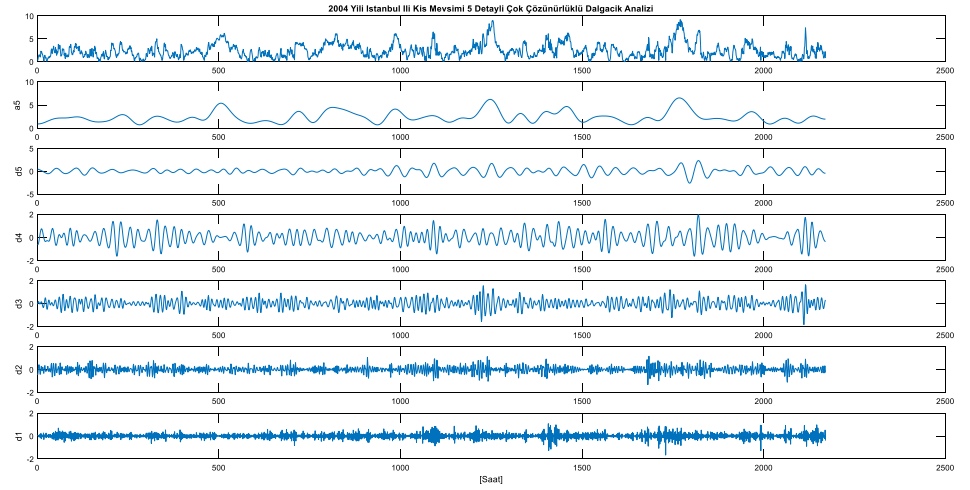


Şekil 6. İstanbul rüzgar hızı verilerinin mevsimsel ÇÇDA (yaz)

Çok Çözünürlüklü Dalgacık Analizi ile İstanbul Rüzgar Hızı Analizi

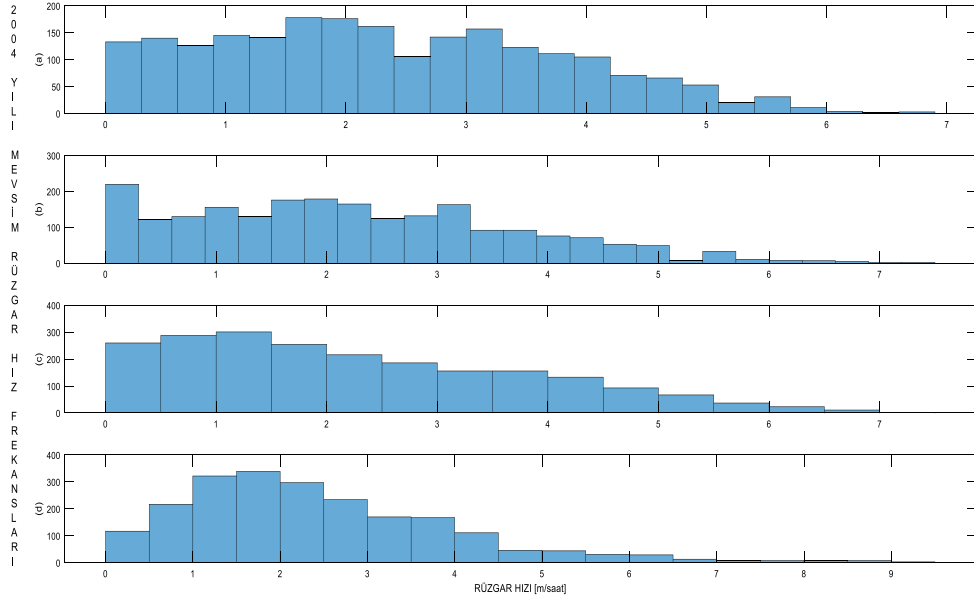


Şekil 7. İstanbul rüzgar hızı verilerinin mevsimsel ÇÇDA (sonbahar)



Şekil 8. İstanbul rüzgar hızı verilerinin mevsimsel ÇÇDA (kış)

Rüzgar hızı verileri için yapılan analizlerden mevsimsel değişimleri fark edebilmenin diğer bir metodu ise istatistiksel analizlerdir. Şekil 9'da mevsimlere göre oluşturulan histogram grafiği verilmiştir. Grafik, günlük 24, yıllık 8742 veriden oluşmaktadır. Yatay eksen mevsime ait rüzgâr hızı aralıklarını, düşey eksen ise rüzgar frekansı göstermektedir.



Şekil 9. İstanbul rüzgar hızı için mevsimsel histogram

Tablo 1’de 2004 yılı İstanbul rüzgar hızı verilerinin ortalama, Basıklık, Maksimum değeri, Çarpıklık ve Standart sapma değerleri verilmiştir. İstatistiksel değerlerini incelediğinde, kış mevsiminde maksimum rüzgar hızı (9,2) değerine ulaştığı görülmektedir. Buna rağmen İstanbul’un yıl içindeki ortalama rüzgar hızı (2,3) değerini almaktadır. Ayrıca, ilk bahar ve kış aylarında ortalama rüzgar hızları birbirine yakinken, sonbahar ve yaz aylarında ise ortalama rüzgar hızı yakın değerleri almaktadır.

Tablo 1. Mevsimsel Rüzgar Hızının İstatistik Analizi

MEVSİM	Ort.	Basıklık	Mak.	Çarpıklık	Std Sapma
İlkbahar	2,4131	2,32	6,9	0,3458	1,4334
Kış	2,4094	4,8667	9,2	1,177	1,5505
Sonbahar	2,2429	2,5607	7,2	0,6196	1,5807
Yaz	2,2882	2,7228	7,5	0,5007	1,4874
Tüm Yıl	2,2853	3,1978	9,2	0,6803	1,5312

SONUÇ

Bu çalışmada İstanbul Göztepe ilçesi 2004 yılı rüzgar hızı verileri ÇÇDA yapılarak incelenmiştir. Ayrıca istatistik veriler de analiz edilmiştir. Veriler incelendiğinde sonbahar ve kış mevsimlerinin hız verilerinin yaklaşık değerler aldığı, yaz ve ilkbahar verilerini de birbirine yakın olduğu görülmektedir. Histogram grafiği ve istatistik analizi sonuçları, rüzgar hızının ortalama 2,3 ortalama değerini aldığını göstermiştir. Yıl içindeki rüzgar hızlarının daha net belirlenmesi için veriler mevsimsel olarak ayrılarak incelenmiştir. Yapılan çalışmada hem tüm yıl hem de mevsimsel verilerin ÇÇDA ile yaklaşım (a) ve detayları (d) çıkarılmıştır. Yaklaşım ve detaylarla ilgili gerekli matematik altyapı verilirken (a) ve (d) analiz sonuçlarının detaylı yorumlamalarına değinilmemiştir.

REFERANSLAR

- C. Vonesch, T. Blu, M. Unser, Generalized Daubechies Wavelet Families, IEEE Transactions on Signal Processing, Vol.55, No.9, 2007, pp 4415-4429.
- D. Campo, O.L Quintero, M Bastidas, Multiresolution Analysis (discrete wavelet transform) through Daubechies Family for Emotion Recognition in Speech, Journal of Physics: Conference Series, Vol.705, 2016.
- F.G. Barth, How To Catch the Wind: Spider Hairs Specialized for Sensing the Movement of Air, Naturwissenschaften, Vol.87, No.2, 2000, pp.51-58.
- H. Alp, T.C. Akinci, M. Albora, Jeofizik Uygulamalarda Fourier ve Dalgacık Dönüşümünün Karşılaştırılması, Pamukkale Üniversitesi mühendislik Bilimleri Dergisi, Vol.14, No.1, 2008, pp.67-76.
- H.S. Nogay, T.C. Akinci, M. Eidukeviciute, Application of Artificial Neural Networks for Short Term Wind Speed Forecasting in Mardin, Turkey, Journal of Energy in Southern Africa, Vol.23, No.4, 2012, pp.2-7.
- J.C. Kaimal, J.A. Businger, 'A Continuous-Wave Sonic Anemometer-Thermometer', J. Appl. Meteorol. Vol.2, 1963, pp. 156-164.
- K. Kaygusuz, Energy for sustainable development: A case of developing countries. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.16, 2012, pp.1116-1126.
- K.P. Soman, K.I. Ramachandran, N.G. Resmi, Insight Into Wavelets From Theory to Practice, PHI publishing, Chapter 4, 2010, pp 48-72.

- M.A. Yaghoubi, A. Sabzevari, A.A. Golneshan, Wind towers: Measurement and Performance, *Solar Energy*, Vol.47, No. 2, 1991, pp.97-106.
- M.J. Matthews, Energy Competition and International Relations, *International Journal of Global Energy Issues*, Vol.29, No.4, 2008, pp.371-376.
- N. El-Sheimy, A. Osman, S. Nassar, A. Noureldin, A New Way to Integrate GPS and INS: Wavelet Multiresolution Analysis, *GPS World*, Vol.4. 2003, pp.42-49. (www.gpsworld.com).
- N.L. Panwar, S.C. Kaushik, S. Kothar, Role of renewable energy sources in environmental protection: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 15, 2011, pp.1513-1524.
- P. Asantewaa Owusu, S. Asumadu-Sarkodie, A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation, *Cogent Engineering*, Vol3, No.1, 2016, pp.1-14.
- P. Auer, *Advances in Energy Systems and Technology*, Vol.1, Academic Press, London, 1978, pp.31-47.
- S. Ersoz, T.C.Akinci, H.S. Nogay, and G.Dogan, Determination of Wind Energy Potential in Kirklareli-Turkey, *International Journal of Green Energy*, Vol.10, No.1, 2013, pp:103-116.
- T. C. Akinci, S. Seker, O. Akgun, J. Dikun, G. Erdemir, Bispectrum and Energy Analysis of Wind Speed Data, *International Journal of Electrical Energy*, Vol. 5, No. 1, 2017, pp. 87-91.
- T. Godish, J.S. Fu, D. Air Quality, CRC Press, 2011.
- T.E. Wirth, C.B. Gray, J.D. Podesta, The Future of Energy Policy. *Foreign Affairs*, 2003, Vol.82, No.4, pp.132-187.

B- MÜHENDİSLİK UYGULAMALARI

EMPEDANS KAYNAKLI İNVERTERLER İÇİN ÇOK SEVİYELİ PID KONTROLÖR TASARIMI

Arş. Gör. Ali Rıza YILMAZ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Burcu ERKMEN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Özet: Bu çalışmada, üç fazlı, gerilim kontrollü motor sürücü devrelerinde kullanılacak bir empedans kaynaklı inverter(Z-Source Inverter- ZSI) yapısının kontrolü için tasarlanan çok katlı PID kontrolör (Multi Level PID-MLPID) sunulmuştur. Ayrıca sistem katsayılarının optimizasyonu için geliştirilmiş bir farksal evrim algoritması (Modified Differential Evolution Algorithm- MDEA) tanıtılmıştır. Geleneksel sezgisel algoritmalar incelendiğinde, sistem kararlılığına bakılmadan yapılacak olan optimizasyon işleminin başarılı olamayacağı aşikardır. Sistemi kararsız hale sokan çözüm kümelerini eleyerek optimizasyon işlemini gerçekleştiren MDEA yapısı ile optimum tasarım sağlanmıştır. Her iterasyon sonunda sistemi kararsız hale sokan çözüm kümeleri elenerek işlem karmaşası da azaltılmıştır. Önerilen yöntem ile optimum oransal (K_p), integral (K_i), diferansiyel (K_d) ve türev filtre (T_d) katsayıları elde edilmiştir. Bu çalışma ile önerilen MLPID kontrol yapısının etkinliği farklı giriş çıkış değerleri için gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İnverter, Empedans Kaynaklı İnverter Yapısı, PID, Farksal Evrim Algoritması

Abstract: This paper presents a new control strategy Multi-Level PID (MLPID) for the Z-source inverter supplied by batteries for three-phase voltage control motor applications. A modified differential evolution algorithm (MDEA) is introduced for optimization of system parameters. When considering the conventional heuristic algorithm, it is not possible to achieve the optimum solution without checking system stability. Optimum design can be achieved with creating stable sets with MDEA which has the part to eliminate unstable solutions. In each iteration, a new reduced subset is created by eliminating unstable solutions sets, thereby reducing computation complexity. The proposed scheme adjusts the optimum proportional, integral, differential and derivate kick coefficients (K_p , K_i , K_d and T_d). In this study, the effectiveness of the proposed MLPID controller structure is demonstrated over different input voltages and voltage fluctuations.

Keyword: Index Terms—Inverter, Z-source, PID, Differential Evolution

1. Giriş

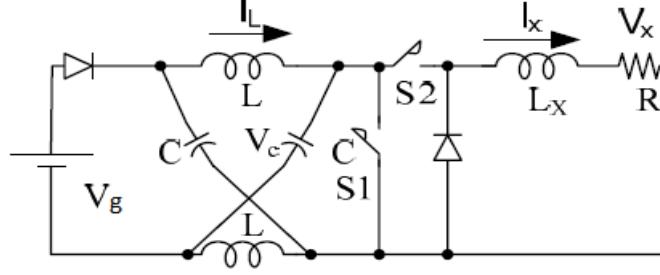
ZSI, hem yükseltici hem de düşürücü olarak kullanılabilen bir güç elektroniği dönüştürücüsü yapısıdır (PENG,2003:504). Transformatörlü inverter yapılarında görülen birçok dezavantaj ZSI ile çözülmüştür. ZSI modelinin verimliliği kullanılan PWM (Darbe Genişlik Modülasyonu) kontrolü ve kapalı çevrim kontrolüne bağlıdır. Özellikle giriş gerilimindeki veya beslenen yükteki değişimler devredeki kapasitede gerilim sıçramalarına neden olur. Kapalı çevrim kontrol ile bu gerilim sıçramaları ve yol açtığı kayıplar çok büyük oranda engellenebilir. Literatürde bu problemi, direk DC hat gerilim kontrolü veya dolaylı DC hat gerilim kontrolleri ile çözmeye çalışan bir çok çalışma vardır (SHEN vd., 2007:1804; SIWAKOTI, 2015: 1887; LIU, 2013:994; ELLABBAN vd., 2012:4088).

PID kontrol yapısı sadece üç parametre hesabı(K_p , K_i ve K_d) gerektirdiğinden dolayı oldukça yaygın kullanılan bir yapıdır. Son yıllarda PID kontrol parametrelerinin hesaplanması bir optimizasyon problemi olarak ele alınmıştır. Genetik algoritma (KROHLING vd., 2001:78), farksal gelişim algoritması (PANDA, 2009:1618) ve parçacık sürü algoritması (CHIOU, 2012:49) gibi sezgisel algoritmalar bu optimizasyon için kullanılmıştır.

Bu çalışma, literatürdeki kontrol ve optimizasyon yöntemlerinden esinlenerek, üç fazlı bir CER motorunun hız kontrolü için ZSI tasarımı amacıyla sunulmuştur. Çalışmanın temel amacı, yeni bir kontrol yöntemi olarak sunulan çok seviyeli PID (MLPID) kullanarak yüksek performans elde etmektir. Ayrıca, kontrol parametrelerine ulaşmak için modifiye edilmiş bir optimizasyon stratejisi olan MDEA bazlı genetik algoritma tanıtılmıştır. MDEA, sistem katsayılarının optimizasyonu sırasında ortaya çıkan kararlılık problemlerinden kaçınmak için kullanılır.

2. Empedans Kaynaklı İnverterin Modellenmesi

Bu bölümde, dinamik bir model oluşturmak için ZSI'nin küçük sinyal analizi yapılmıştır. Küçük sinyal analizi, durum uzayı ortalama modelinin ve durum değişkenlerinin sabit durum değerleri etrafında doğrusallaştırılmasıyla yapılmıştır. Bu model, optimum kontrolör tasarımı için shoot-through ve kapasitör voltajı arasındaki transfer fonksiyonunu elde etmek için kullanılmıştır. Modellenen ZSI'nin dengeli bir 3 fazlı endüktif yük beslediği ve AC çıkışının bir DC yük olarak modellendiği varsayılmaktadır (SHEN, 2007:1804).



Şekil 1 ZSI devre eşdeğeri

S1 ve S2 anahtarların durumuna göre sistemde üç çalışma durumu olduğu görülmektedir (Tablo1).

Tablo 1 Anahtar Durumlarına Göre ZSI Çalışma Modları

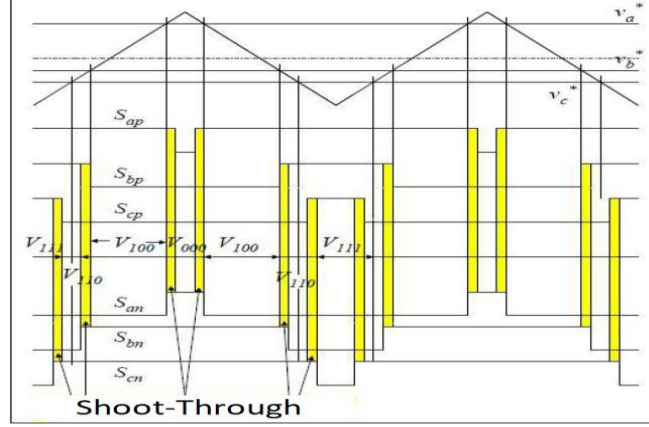
Çalışma Modu	S1 Pozisyonu	S2 Pozisyonu	Çalışma Oranı
SIFIR DURUMU	AÇIK	AÇIK	d
SHOOT-THROUGH	KAPALI	AÇIK	m
AKTİF DURUM	AÇIK	KAPALI	$1 - d - m$

Üç çalışma modu ve çalışma oranları dikkate alındığında, durum-uzay ortalaması modeli (1) 'deki gibi yazılabilir.

$$\begin{bmatrix} s i_L \\ s v_c \\ s i_x \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{2D-1}{L} & 0 \\ \frac{1-2D}{C} & 0 & -\frac{M}{C} \\ 0 & \frac{2M}{L_x} & -\frac{R_x}{L_x} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L \\ v_c \\ i_x \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{V_{dc}}{L}(1-d) \\ 0 \\ \frac{V_{dc}}{L_x}m \end{bmatrix} \quad (1)$$

Belirtilen denge noktaları (I_L, V_c, I_x, D, M) ve durum değişkenlerin permütasyonu $(\hat{i}_L, \hat{v}_c, \hat{i}_x, \hat{m}, \hat{d})$, durum uzay modelinin çıkartılması için kullanılmıştır. Küçük sinyal ve sürekli hal denklemlerini kullanarak, transfer fonksiyonlarını herhangi bir çalışma noktasında elde etmek mümkündür.

Basit yükseltici PWM kontrol yöntemi ZSI'ye uygulanan ilk PWM kontrol yöntemidir [1]. Shoot-through durumlarına sahip olan anahtarlama yöntemi, aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi oldukça basit ve anlaşılabilir.



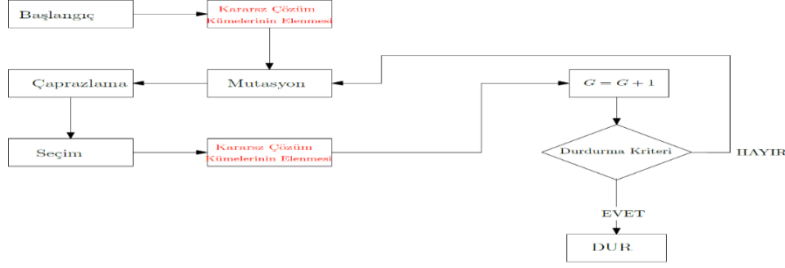
Şekil 2 Basit yükseltici PWM anahtarlama düzeni

Uygulamada, empedans ağında kullanılan endüktans ve kapasite değerleri eş-değer olarak seçildiğinden empedans ağı simetriktir.

3. Geliştirilmiş Farksal Evrim Algoritması

Farksal gelişim algoritması (Differential Evolution Algorithm-DEA), genetik tabanlı global parametre optimizasyonu için kullanılabilecek sezgisel bir algoritmadır. Genetik algoritmada, mutasyon, çaprazlama ve eleme kısımları farklı bölümler olarak ele alınır. Bu nedenle optimizasyon işlemi biraz uzun sürmektedir. Bu dezavantajı ortadan kaldırmak amacıyla DEA algoritması, genetik algoritmadan türetilerek sunulmuştur. DEA’da, ilk olarak rastgele üretilen çözüm kümeleri içerisinde en iyisi seçilir ve tüm çözüm kümeleri mutasyon, çaprazlama ve eleme işlemlerine sokulur. Durdurma kriterleri sağlanıncaya kadar bu işlemler her iterasyonda tekrarlanır.

Kararsız çözüm kümelerinin elenmesi işlemi algoritmaya eklenerek, her iterasyonda çözüm kümesi sayısını azaltan, iki aşamalı bir hedef fonksiyonu yapısına sahip olan MDEA yapısı elde edilmiştir.

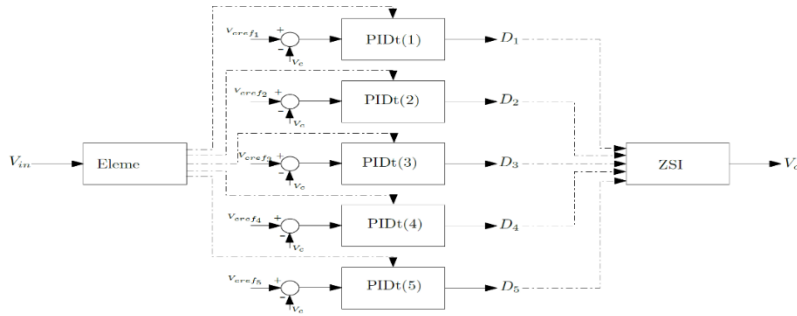


Şekil 3 Geliştirilmiş farksal evrim algoritması akış diyagramı

Sonuç olarak, sadece sistemin güvenilirliği artmamış, aynı zamanda sağlam bir optimizasyon sağlanmıştır.

4. Kontrolör Tasarımı

Güç dönüştürücüler, istenen çıkış voltajını ve akım değerlerini korumak için geri beslemeye ihtiyaç duyarlar. Önceki araştırmalardan görülebileceği gibi, ZSI için uygulanan kapalı çevrim kontrol şemaları sadece belirli bir çalışma noktası için tasarlanmıştır. Gerilim kontrollü bir motor kontrolünde, değişken giriş voltajı nedeniyle daha uyumlu bir yapıya ihtiyaç vardır. Bu nedenle, Şekil 3'te gösterilen MLPID yapısı, sistemin uyarlanabilirliğine katkıda bulunmuştur. Cer motoru hız kontrolü için beş aşama göz önünde bulundurulmuş ve her aşama için uygun bir kontrol yapısı tasarlanmıştır. Geleneksel PID kontrolörün, MLPID yapısı ile istenen çalışma aralığı için uyarlanabilir bir davranış kazanması mümkündür. Seçim kısmıyla giriş gerilimine göre atanması gereken katsayılar kontrol ünitesine atanmıştır. Giriş gerilimi yanı sıra farklı çıkış gerilimleri hedeflendiğinden, DC hat geriliminin sabit tutulmasına gerek kalmamıştır. Böylece yüksek gerilimden dolayı anahtarlar üzerinde oluşacak güç kaybı azaltılmıştır.



Şekil 4 Eleme kısmının da eklendiği çok katmanlı PIDt yapısı

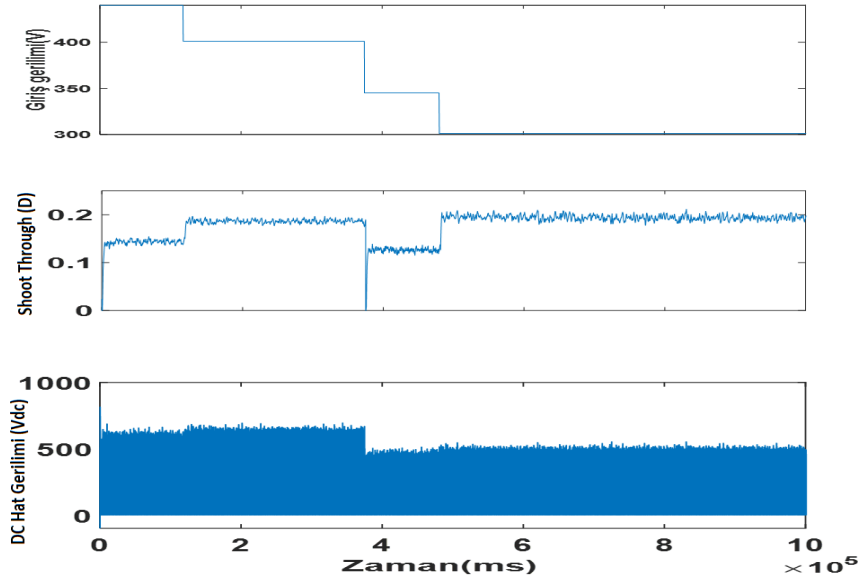
Bu çalışmada, MLPID tasarımı için türev filtre yapısına sahip bir PID kontrolör tasarımı amaçlanmıştır. Bu yapı ile kullanım alanına bağlı olarak çıkış gerilimi istenilen aralıkta sabit tutulup, tercih edilen eşik gerilimlerde değiştirilebilir.

$$K_{PIDt}(s) = K_p + K_i \frac{1}{s} + K_d \frac{T_d s}{s + T_d} = \frac{(K_p + K_d T_d) s^2 + (K_p T_d + K_i) s + K_i T_d}{s^2 + T_d s} \quad (2)$$

Bu denklemde K_p , K_i ve K_d , sırasıyla P(oransal), I(integral) ve D(türev) kazançlarını, T_d ise türev özelliğinin sisteme getirdiği zararları engellemek amacı ile tasarlanan bir filtrenin kesim frekansını gösterir.

5. Sonuçlar

Önerilen kontrol yönteminin farklı giriş değerleri için göstermiş olduğu performans Matlab Simulink ile test edilmiştir. Böylece sistemin, uygulanacak olan alana göre istenilen aralıklarda verimli bir şekilde çalıştığı görülmüştür. Şekil 5 incelendiğinde sistemin 350V giriş gerilimine kadar çıkışı sabit tuttuğu, daha düşük gerilim değerleri için anahtarlar üzerindeki gerilimi azaltmak amacıyla çıkış gerilim değerini düşürdüğü görülmüştür. Böylece DC bara gerilimi azalarak anahtarlar üzerindeki gerilim stresleri azaltılmıştır. Bu değer step motorlar göz önünde bulundurularak, sistemin doğruluğunu göstermek amacıyla belirlenmiştir. Şekil 4'te görüldüğü üzere belirlenecek eşik gerilimi sayısı ve değeri kullanılacak alana göre arttırılabilir.



Şekil 5 Kapalı çevrim kontrol sonuçları

6. Kaynakça

- CHIOU, Juing-Shian; TSAI, Shun-Hung; LIU, Ming-Tang. A PSObased adaptive fuzzy PID-controllers. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 2012, 26: 49-59.
- ELLABBAN, Omar; VAN MIERLO, Joeri; LATAIRE, Philippe. “A DSPbased dual-loop peak DC-link voltage control strategy of the Z-source inverter. *IEEE transactions on Power Electronics*, 2012, 27.9: 4088-4097.
- KROHLING, Renato A. ; REY, Joost P.. . Design of optimal disturbance rejection PID controllers using genetic algorithms. *IEEE Transactions on Evolutionary computation*, 2001, 5.1: 78-82.
- LIU, Yushan, et al. “Control system design of battery-assisted quasi- Z-source inverter for grid-tie photovoltaic power generation.” *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 2013, 4.4: 994-1001.
- PANDA, Sidhartha. Differential evolutionary algorithm for TCSC-based controller design. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 2009, 17.10: 1618-1634.
- PENG, Fang Zheng. “Z-source inverter.” *IEEE Transactions on industry applications*, 2003, 39.2: 504-510.
- SHEN, Miaosen; TANG, Qingsong; PENG, Fang Z. “Modeling and controller design of the Z-source inverter with inductive load.” In: *Power Electronics Specialists Conference, 2007. PESC 2007. IEEE. IEEE, 2007. p. 1804-1809.*
- SIWAKOTI, Yam P., et al.” Impedance-source networks for electric power conversion part II: review of control and modulation techniques”. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2015, 30.4: 1887-1906.

MULTI WALLED CARBON NANOTÜP KATKILI POLİMERİK MEMBRANLA SİPERMETRİNİN TAŞINIMI

Dr. Canan ONAÇ

Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye

Özet: Sipermetrin, büyük ölçekli ticari tarım uygulamalarında olduğu gibi kişisel kullanım amaçlı tüketici ürünlerinde de insektisit olarak kullanılan sentetik bir piretroiddir. Böceklerde hızlı etkili nörotoksin gibi davranır. Toprak ve bitkiler üzerinde kolaylıkla bozulur ancak kapalı atıl yüzeylere uygulandığında haftalarca etkili olabilir. Güneş ışınlarına, suya ve oksijene maruz kalması ayrışmasını hızlandırmaktadır. Ulusal Pestisit Telekomünikasyon Ağı'na (NPTN) göre sipermetrin, balıklar, arılar ve su böcekleri için oldukça toksiktir. Sipermetrin, 2013/39 / EU sayılı Avrupa Birliği Direktifinde öncelikli maddeler listesinde yer almaktadır. Bu amaçla, sipermetrinin sudan uzaklaştırılması ve tespit yönteminin geliştirilmesi öncelikli konulardan biridir. Karbon nanotüp ailesinden olan, multi-walled karbon nanotüpler (MWCNT) endüstriyel uygulamalar için özel ilgi konusu olmaktadır. Çok duvarlı karbon nanotüpler (MWCNT'ler) endüstriyel uygulamalarda karbon nanotüpler arasında oldukça dikkat çekmektedir. Elektriksel iletkenlik, mekanik dayanım ve termal iletkenlik gibi MWCNT'lerin özellikleri endüstriyel uygulamalara dikkat çekmektedir. Bu etkileyici özelliklere sahip MWCNT'ler, çeşitli yeni ve kullanışlı uygulamalar sunmaktadır. Bu çalışmada, çok duvarlı karbon nanotüp ile fonksiyonlaştırılmış polimerik membran (MWCNT / PIM) ile sipermetrinin, donör fazdan alıcı fazına taşınımı sağlanmıştır. MWCNT ile fonksiyonlaştırılmış membran yüksek geçirgenlik ve seçicilik, mekaniksel kararlılık ve dayanım sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sipermetrin, multi-walled carbon nanotube, polimer içerikli membran, transport.

Transport of Cypermethrin by Multi Walled Carbon Nanotube Additive Polymeric Membrane

Abstract: Cypermethrin is a synthetic pyrethroid that is used as an insecticide in consumer products for personal use as well as in large

scale commercial agricultural applications. It acts as a rapid-acting neurotoxin in insects. It is easily degraded on soil and plants but can be effective for weeks if applied to closed, inert surfaces. Exposure to sunlight, water and oxygen accelerates decomposition. According to the National Pesticide Telecommunication Network (NPTN), cypermethrin is highly toxic for fish, bees and water insects. Cypermethrin is included in the list of priority substances in the European Union Directive 2013/39 / EU. For this purpose, removal of cypermethrin from water and the development of the detection method is one of the priorities. Multi-walled carbon nanotubes (MWCNT), which are of carbon nanotube family, are of special interest for industrial applications. Multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs) are very popular among carbon nanotubes in industrial applications. The characteristics of MWCNTs such as electrical conductivity, mechanical strength and thermal conductivity draw attention to industrial applications. With these impressive features, MWCNTs offer a variety of new and useful applications. In this study, a multi-walled carbon nanotube-functionalized polymeric membrane (MWCNT / PIM) is used to transport sipemethrin from the donor phase to the receptor phase. The MWCNT functionalized membrane ensures high permeability and selectivity, mechanical stability and strength.

Keywords: Cypermethrin, multi-walled carbon nanotube, polymer inclusion membrane, transport.

1. GİRİŞ

Sipermetrin cilt teması veya yutulması yoluyla toksik düzeydedir. Ciltte ve gözlerde tahrişe neden olabilir. Dermal maruz kalmanın belirtileri arasında uyuşma, karıncalanma, kaşınma, yanma hissi, mesane kontrolü kaybı, uyuşmazlık, nöbetler ve olası ölüm sayılabilir (Brown vd. 2007). Pyrethroids merkezi sinir sistemini olumsuz yönde etkileyebilir. Kulaktaki 130 ug / cm²lik dermal dozlarda verilen insanlarda, yerel karıncalanma ve yanma hissi yaşanmaktadır (Chen vd. 2011). Sipermetrin cilt veya göz tahriş edicidir, ancak alerjik deri reaksiyonlarına neden olabilir. Aşırı maruz kalma bulantı, baş ağrısı, kas güçsüzlüğü, salivasyon, nefes darlığı ve nöbetlere neden olabilir. İnsanlarda, sipermetrin, enzimatik hidroliz ile idrarda elimine edilen birkaç karboksilik asit metabolitesine dönüştürülür Cheng vd. 2013, Cui vd. 2003, Dong vd. 2012). Kimyasala işçi maruziyeti üriner metabolitlerin ölçümü ile izlenebilmekle birlikte aşırı doz aşımı, kan veya plazmada sipermetrin miktarının tayitiyle doğrulanabilmektedir (Earp ve Dessy 1996). Yüzeysel ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmeliğin Ek-1' inde yer alan genel amaçlı izleme

parametreleri kapsamında 45 adet öncelikli madde (türevleri ile birlikte 88 parametre) (öncelikli maddeler listesinde yer alan parametre sayısı 2013/39/EU sayılı Su Politikaları Alanında Öncelikli Maddeler Direktifi ile arttırılmış olup, sipermetrin güncel öncelikli madde listesinde yer almaktadır.

Membran teknolojisi uygulamalarında en önemli problemler membranın mekanik kararlılığı ve membran yüzeyinde kirlenme, limit akış, limit seçicilik ve kirlenmenin neden olduğu membran gözenek tıkanmasıdır (Almedia vd. 2012, Gherasim ve Bourceanu 2013). Bu kısıtlamalar prosesin işletim esnasında daha fazla enerji kullanımına neden olmakta birlikte membran temizliği veya değiştirilmesi de maliyeti oldukça artırmaktadır. Membranların bu dezavantajlı özelliklerini bertaraf etmek, membran performansını ve verimliliğini artırmak amacı ile membranların güçlendirilmesi, modifiye edilmesi ve üretimi zorunlu hale gelmiştir. Membran destek malzemesinin inorganik katkı maddeleriyle güçlendirilmesi son yıllarda yaygın kullanım bulan bir yöntem olmuştur.

Yeni nesil karbon nano malzemelerden olan multi-walled karbon nanotüp (MWCNT) olağanüstü özellikleri nedeni ile membran filtrasyonu işleminde katkı maddesi olarak kullanımı ve yeni uygulama alanları için yapılan araştırmalar sonucunda, bu teknolojinin ileri seviyede geliştirilmesi için oldukça büyük fırsatlar ve olasılıklar sunmaktadır (Giovannozzi vd. 2014). Özellikle bu nanomalzemelerin yeni nesil su arıtım teknolojileri için oldukça cazip ve uygun yaklaşımlar olarak yenilikçi yöntemlerin kullanımına ihtiyaç bulunmaktadır. Membran teknolojilerinin seçimli ve verimli olarak ayırma sağlayabilmeleri diğer ayırma tekniklere göre avantaj sağlamaktadır (Guo vd. 2011). Bu membran teknolojilerine bakıldığında son yıllarda yoğun bir araştırma alanına sahip olan polimer içerikli membranlar (PIM) dikkat çekmektedir. Polimer içerikli membranlar (PIM) diğer membran ayırma türlerine göre daha karakteristik, yüksek seçicilik ve mekanik özelliklerinin geliştirilebilir olması sebebiyle oldukça dikkat çekmektedir (He vd. 2013, Haupt 2003). Membranlarda nanomalzemelerin kullanımı sayesinde, membran mekanik kararlılığının artması, membran yüzey kirliliğinin azalması ile enerji maliyetlerinin düşürülmesi, membran temizleme ve rejenarasyon işlemlerinde sarf kimyasalların kullanımının azalması vb etkiler ile işletim maliyeti azalmış olacaktır.

2. MATERYAL METOT

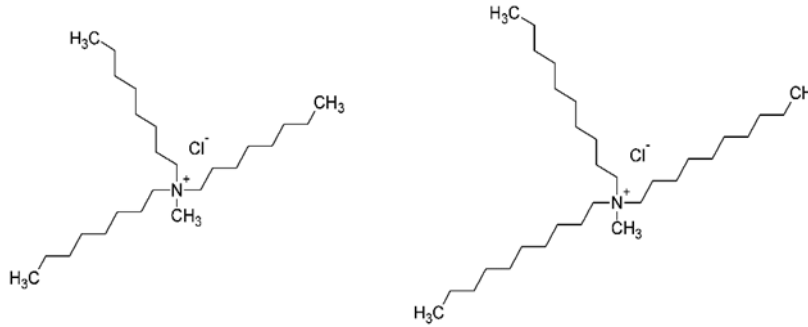
2.1. Kullanılan Kimyasallar

Nanomalzemelerin hazırlanışı ve transport deneyleri esnasında kullanılan tüm çözeltiler 18.3 MΩ cm dirençli ultra-saf su kullanılarak hazırlanmıştır. Tüm

kimyasallar alındıkları şekilde kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan kimyasallar sırasıyla; Multi-walled carbon nanotube (Sigma-Aldrich, ABD), H₂SO₄ (%98 saflıkta, Sigma-Aldrich, ABD), K₂S₂O₈ (Merck, Almanya), P₂O₅ (Sigma-Aldrich, ABD), KMnO₄ (Merck, Almanya), H₂O₂ (%30, Merck, Almanya), HCl (%37, Sigma-Aldrich, ABD), Etanol (Sigma-Aldrich, ABD), Potasyum dikromat (Merck, Almanya), Diklormetan (Merck, Almanya), Selüloz triasetat (MA = 72.000–74.000), 2-Nitrofenil Oktil Eter (Fluka), 2-Nitrofenil Pentil Eter (Fluka), Bis (2-etil hekzil) Adipate (Merck, Almanya), Tris (2-etil hekzil) fosfat (Merck, Almanya), Tris(2-bütoksi etil) fosfat (Sigma-Aldrich, ABD), 1,5-difenilkarbazit (Sigma-Aldrich, ABD), Amonyum asetat (Merck, Almanya), Asetik asit (Merck, Almanya), Hidroklorik asit (Merck, Almanya), Nitrik asit (Merck, Almanya)'dan oluşmaktadır.

2.2. Deneysel Süreçte Kullanılan Taşıyıcı

PIM'leri oluşturan temel taşıyıcılar genellikle tersiyer amin ve quaterner amonyum tuzları gibi amin bazlı bileşiklerdir. Şekil 1'de yapısı verilen Aliquat 336 birçok PIM araştırmacısı tarafından literatürde en sık kullanılan quaterner amonyum bileşiğidir. Aliquat 336 alkil zincir uzunluğu 8 karbon ile 10 karbon arasında değişen ekstrakte edici reaktif ve faz transfer katalizi olarak kullanılan bir amonyum quaterner tuzudur. Çalışmamızda taşıyıcı olarak katyonik bir taşıyıcı olan Aliquat 336 kullanılarak polimer içerikli membran (PIM) tekniği ile Cr(VI) metal katyonunun transport deneylerine başlanmıştır. İlk önce polimerik destek maddesi oluşturmak için optimum şartlar (optimum membran kompozisyonu) belirlenerek polimer içerikli membran (PIM) deneyleri yapılmıştır.



Şekil 1. PIM çalışmalarında taşıyıcı olarak kullanılan Aliquat 336'nın açık yapısı

2.3. Kullanılan Deneysel Düzenek

Gerçekleştirilen multi walled karbon nano tüplü polimer içerikli membran deneylerinde kullanılan deney düzeneği, teflondan özel olarak tasarımlanan iki bölmeli bir düzenektir. Her bölüm 45 mL'lik bir kapasiteye sahiptir. MWCNT/PIM, bölmeler arasına yerleştirilmiştir. Sızıntıyı önlemek amacıyla bölmeler arasına lastik contalar yerleştirilip sıkıştırılmıştır. Aşağıda yer alan Şekil 2'de kullanılan deney düzeneği görülmektedir. Deney düzeneğine bağlanan sirkülasyonlu termostat sayesinde transport deneyleri sabit sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. MWCNT/PIM transport deneyleri için kullanılan deney düzeneği

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. MWCNT Katkılı Polimer İçerikli Membranın Hazırlanması

Karbon nanotüplü polimer içerikli membran deneylerinde kullanılacak olan membranın hazırlanması için, membranda polimer destek maddesi olarak kullanılan CTA 0,200 g tartılıp üzerine 15 mL diklormetan ilave edilerek, bu karışıma kütlece %1 oranında MWCNT eklenip 3 saat boyunca manyetik karıştırıcı ile karıştırılır. Daha sonra bu çözelti karbon nanotüpün polimer zinciri içine girmesi için 25 oC'de 1 saat boyunca ultrasonik banyoda homojenize hale getirilir. Diğer bir taraftan, 10 mL diklormetan üzerine 0,40 mL 2-NPOE ilave edilip bunların üzerine de optimum şartlarda kullanılacak olan Aliquat 336 taşıyıcısı eklenerek 3 saat boyunca karıştırıcıda karıştırılmıştır. Belirtilen sürenin sonunda her iki karışım birbirine eklenerek 3 saat boyunca manyetik karıştırıcı ile karıştırma işlemine devam edilir. Karıştırma süresinin sonunda hazırlanan karışım düz bir zemin üzerinde bulunan 100 mm'lik petri

kabına dikkatlice dökülerek 1 gece bekletilip çözücüsünün buharlaşması sağlanmıştır. Oluşan membran üzerine soğuk distile su ilave edilerek 1 saat beklenip membran petri kabından bir pens yardımı ile ayrılıp hazırlanan karbon nanotüplü polimerik membran (MWCNT/PIM) transport deneylerinde kullanılmak üzere difüzyon hücrelerine yerleştirilmiştir.

3.2. Multi Walled Carbon Nanotube Katkılı Polimer İçerikli Membran Transport Deneyleri

Sipermetrinin taşınması için MWCNT/ polimer içerikli membran deneylerinde kullanılmak amacıyla hazırlanan membran, dikkatli bir şekilde yukarıda verilen deney düzeneğine (iki hücre arasına) yerleştirilir. Membranın kaymasını önlemek amacıyla difüzyon hücrelerinin arasına bir conta ile sabitlenir. Silindirik difüzyon hücrelerinin sol haznesine (donör faz) 0,1 M HCl'de çözülmüş sentetik olarak hazırlanmış sipermetrin çözeltisi konulur. Difüzyon hücrelerinin sağ haznesine (akseptör) ise pH 5'e ayarlanmış asetik asit/amonyum asetat tampon çözeltisi konur ve her iki hazneye manyetik balıklar yerleştirilerek difüzyon hücresi manyetik karıştırıcı yardımıyla karıştırılır. Şekil 2'de de görüldüğü gibi transport deneyleri termostatlı ve sirkülasyonlu su pompası yardımıyla sabit sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Belirli zaman aralıklarında her iki fazdan numuneler alınarak (1'er mL) tayin yöntemi için kapaklı cam tüplerde saklanır.

3.3. Sentetik Çözeltiden Sipermetrinin Transportu

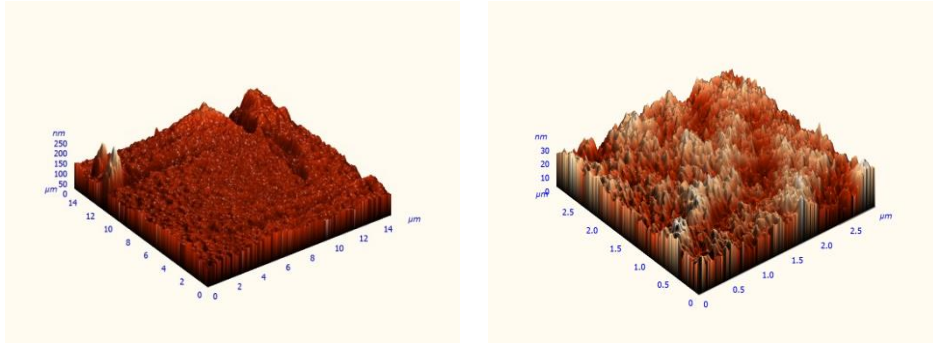
CYP'in MWCNT/PIM yoluyla taşınımını araştırmak amacıyla donör fazda 0.1 M HCl'de sentetik olarak hazırlanan 10 ppm CYP çözeltisi kullanılmıştır. Akseptör fazda ise pH5 asetik asit/amonyum asetat tampon çözeltisi konularak 500 rpm karıştırma hızında transport deneyleri gerçekleştirilmiştir. CYP'nin taşınımını sonunda elde edilen donör ve akseptör fazdaki CYP miktarları büyük miktarda azalış ve artış göstermektedir. Gerçekleştirilen transport deneyi sonucunda taşınım miktarının zamanla arttığı transport süresinin sonunda donör fazdan uzaklaştırılan % CYP miktarının azaldığı görülmektedir. Donör fazdan uzaklaştırılan CYP %72.40, akseptör faza geçen % CYP miktarı ise % 67.23 olarak tayin edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Sentetik olarak hazırlanan CYP'in MWCNT/PIM yoluyla donör fazdan akseptör faza transport edilen miktarların hesaplanan analiz bulguları (n =6)

	Donör fazda CYP miktarı (ppm)	Akseptör fazda CYP miktarı (ppm)	Donör fazdan uzaklaştırılan % CYP miktarı	Akseptör faza geçen % CYP miktarı
Başlangıç	20 ± 0.25	-	-	
1 gün	15.73 ± 0.20	3.08 ± 0.05	21.35	15.40
2 gün	12.87 ± 0.20	7.16 ± 0.08	35.65	35.80
4 gün	7.64 ± 0.15	10.48 ± 0.09	61.80	52.40
5 gün	5.52 ± 0.10	13.45 ± 0.10	72.4	67.23

3.4. MWCNT/PIM Yüzey Morfolojisi

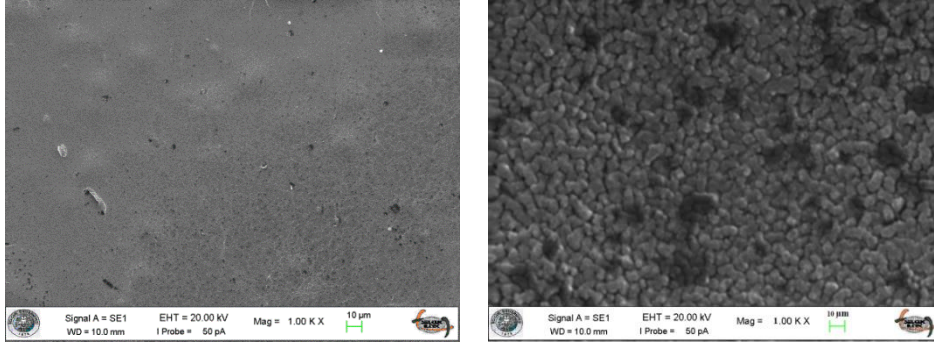
Yüzey karakterizasyon çalışmalarında membran yüzeyinin fotoğrafının çekildiği AFM en çok kullanılan ve net sonuçların elde edildiği bir yöntemdir. Bu sebeple optimum şartlarda hazırlanan karbon nanotüplü polimer içerikli membranın yüzey fotoğrafları AFM kullanılarak çekilmiştir (Şekil 3 (a) ve (b)).



Şekil 3.(a) CTA+2-NPOE+Aliquat 336 membranının AFM görüntüsü (b) CTA+2-NPOE+Aliquat 336+MWCNT membranının AFM görüntüsü.

MWCNT/PIM yapısının aydınlatılması amacı ile diğer bir yüzey karakterizasyon yöntemi olan Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılmıştır. Şekil 4 (a) ve (b)'de optimum şartlarda hazırlanan membran kompozitine (CTA+2-NPOE+Aliquat 336) ve MWCNT/PIM (CTA+2-NPOE+Aliquat 336+MWCNT) ait

10 µm boyutlarında çekilen SEM fotoğrafları yer almaktadır. MWCNT ilavesi olmaksızın çekilen yüzey fotoğraflarında membran yüzeyinin homojen ve pürüzsüz bir yüzeye sahip olduğu net bir şekilde görülmektedir.



Şekil 4. (a) CTA+2-NPOE+Aliquat 336 membranının SEM görüntüsü **(b)** CTA+2-NPOE+Aliquat 336+MWCNT membranının SEM görüntüsü.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Teknolojik gelişmelerin oluşturduğu çevre kirliliği, küresel iklim değişikliği ve nüfus artışı nedeniyle, ülkemizde ve dünyada temiz ve doğal su kaynaklarının korunması önemli bir sorun olarak ortaya çıkmıştır. Membran teknolojisi birçok ayırma ve saflaştırma işlemlerinde yüksek seçicilik ve verimlilik sağlaması, özellikle su arıtım sistemlerinde daha az kimyasal kullanımı, proses olarak az yer kaplaması, yerinde temizlik özelliği ve modüler esnek tasarımı sağlayan bir teknolojidir. Membran teknolojisi su arıtımı için uygun ve ekonomik bir teknoloji olmakla birlikte, membran teknolojisinin etkinliğine, performans verimliliğine ve özellikle ekonomikliğine etki eden önemli parametreler vardır. Membran teknolojisi uygulamalarında en önemli problemler membranın mekanik kararlılığı ve membran yüzeyinde kirlenme, limit akış, limit seçicilik ve kirlenmenin neden olduğu membran gözenek tıkanmasıdır. Bu kısıtlamalar prosesin işletim esnasında daha fazla enerji kullanımına neden olmakta birlikte membran temizliği veya değiştirilmesi de maliyeti oldukça artırmaktadır. Membranların bu dezavantajlı özelliklerini bertaraf etmek, membran performansını ve verimliliğini artırmak amacı ile membranların güçlendirilmesi, modifiye edilmesi ve üretimi zorunlu hale gelmiştir. Membran destek malzemesinin inorganik katkı maddeleriyle güçlendirilmesi son yıllarda yaygın kullanım bulan bir yöntem olmuştur. Membranların nanomalzemeler ile modifiye edilmesi veya katkı maddelerinin nano ölçekte seçilmesi ile membran teknolojisine yeni bir boyut kazandırmıştır. Bu nanomalzemelerden MWCNT'lerin polimer matriks içerisine katılması

ile membranların mekanik kararlılıklarının, yüksek geçirgenlik ve dirençlerinin artması yanında biyokirlenmeye karşı da etkin olmaları, membranlara fotokatalik (TiO_2) nanoparçacıkların ilavesi ile membran yüzeyinde kirleticilerin parçalanmasını kataliz etmesi ve membranların reaktif özelliği kazandırılarak yüzey kirliliği kontrol edilmesine yönelik çalışmalar yoğunluk kazanmıştır.

Bu çalışmada kullanılan, multi-walled CNT membranların mekanik kararlılıklarının ve dirençlerinin artması ile yeni nesil membranların yakın gelecekte ülkemizde üretilebilir hale gelmesine yönelik bir araştırmadır. Gerçekleştirilen çalışma, ülke öncelikleri arasında belirtilen, nonanoteknoloji alanında gereksinim duyulan malzemelerin daha kontrollü sentezlenmesine imkânı sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- ALMEIDA, M. I. G. S., CATTRALL, R. W., KOLEV, S. P., (2012). 'Recent trends in extraction and transport of metal ions using polymer inclusion membranes (PIMs)', *Journal of Membrane Science*, 415-416, 9-23.
- BROWN, C.A., JEONG, K.S., POPPENG, R.H., PUSCHNER, B., MILLER, D.M., ELLIS, A.E. (2007). 'Outbreaks of renal failure associated with melamine and cyanuric acid in dogs and cats in 2004 and 2007' *J. Vet. Diagn. Invest.*, 19, 525–531.
- CHEN, L. XU, S. LI, J. (2011). 'Recent advances in molecular imprinting technology: current status challenges and highlighted applications' *Chem. Soc. Rev.*, 40, 2922–2942.
- CHENG, W., LIU, Z., WANG, Y., (2013). 'Preparation and application of surface molecularly imprinted silica gel for selective extraction of melamine from milk samples' *Talanta*, 116.
- CUI, X., YANG, F., SHA, Y., YANG, X. (2003). 'Real-time immuno assay of ferritin using surface plasmon resonance biosensor' *Talanta*, 60, 53-61.
- DONG, J., GAO, N., PENG, Y., GUO, C., LV, Z., WANG, Y., ZHOU, C., NING, B., LIU, M., GAO, Z. (2012). 'Surface plasmon resonance sensor for profenofos detection using molecularly imprinted thin film as recognition element' *Food Control*, 25, 543-549.

- EARP, R.L., DESSY, R.E., (1996). 'Commercial Biosensors: Applications to Clinical Bioprocess and Environmental Samples' John Wiley and Sons: New York, Chapter 4.
- EUMA, N. S., LEE, S. H., LEE, D. R., Kwon, D. K., Shin, J. K., Kim, J. H., Kang, S. W. (2004). 'K⁺- ionsensing using surface plasmon resonance NIR light source' *Sens. Actuators B*, 96, 446-450.
- GHESARIM, C.V. AND BOURCEANU, G., (2013). Removal of chromium(VI) from aqueous solutions using a polyvinyl-chloride inclusion membrane: Experimental study and modelling, *Chemical Engineering Journal*, 220, 24-34.
- GIOVANNOZZI, A. M., ROLLE, F., SEGA, M., CESARINA, M., MARCHIS, M., ROSSI, A.M. (2014). 'Rapid and sensitive detection of melamine in milk with gold nanoparticles by Surface Enhanced Raman Scattering' *Food Chemistry*, 219, 365-372.
- GUO, L., LIU, Y., ZHANG, C., CHEN, J., (2011). Preparation of PVDF-based polymer inclusion membrane using ionic liquid plasticizer and Cyphos IL 104 carrier for Cr(VI) transport, *Journal of Membrane Science*, 372(1-2), 314-321.
- HAUPT, K., (2003). 'Molecularly imprinted polymers' The next generation, *Anal. Chem.*, 75, 376-383.
- HE, D., ZHANG, X., GAO, B., WANG, L., ZHAO, Q., CHEN, H., WANG, H., ZHAO, C., (2013). 'Preparation of magnetic molecularly imprinted polymer for the extraction of melamine from milk followed by liquid chromatography-tandem mass spectrometry' *Food Control*, 36,

BİR BİNEK ARAÇ FAR GÖVDESİNİN DOĞAL FREKANS TARAMASINDA FOURIER DÖNÜŞÜM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Birhat SÖNMEZAY

Bursa Uludağ Üniversitesi

Erhan AY

Sevda TELLİ ÇETİN

Bursa Uludağ Üniversitesi

Ali DURMUŞ

Bursa Uludağ Üniversitesi

Özet: Bu çalışmada, müşteri şartnamelerine göre hazırlanan sarsıcı test düzeneğine bağlanmış bir binek araç far gövdesinin zamana bağlı ivme data-sında fourier dönüşümü kullanılarak doğal frekanslarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Test 23 °C' ta, z eksen yönünde 2 g'lik bir ivme, 0,5 oktav/dk tarama hızı ve 1-300 Hz frekans aralığında yapılmıştır. Fourier dönüşümü ile birlikte karşılaştırma yapabilmek için far gövdesi üzerine yakın noktalara 2 adet ivme ölçer bağlanmıştır. İlk ivme ölçerden alınan veriler sinyal düzenleyici tarafından anlık olarak işlenmiştir. İkinci ivme ölçerden alınan veriler ise DEWEsoft Sirius HD 16xSTGS cihazı ile zamana bağlı olarak 1024 Hz örnekleme hızı ile kayıt edilmiştir. Daha sonra bu kayıt edilen ham data DEWEsoft X3 programı kullanılarak fourier dönüşümleri yapılmıştır. Bu dönüşüm esnasında pencereleme tipi, çözünürlük, üst üste bindirme, ortalama tipi gibi fourier dönüşümü parametrelerinin etkileri incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda en yüksek ivme iki verileri arasında % 9,78 olarak ölçülmüştür. Ayrıca iki test arasında genel olarak tüm tepe noktalarında ve tepeler arasındaki eğimlerde yakınlık sağladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Fourier Dönüşümü, Doğal Frekans, Titreşim

Determination of Fourier Transform Parameters at Natural Frequency Scan of an Automotive Lighting Housing

Abstract: In this study, it is aimed to determine the natural frequencies of an automotive lighting housing connected to a shocking test system

according to customer specifications by using fourier transform in time dependent acceleration data. The test was carried out at 23 °C with 2g acceleration in the z-axis direction, scanning speed of 0.5 octave/min and 1-300 Hz range of frequency. Two accelerometers are connected to the housing for the comparison with the fourier transform. The data received from the first acceleration meter is processed in real time by the signal regulator. Also the data received from the second acceleration meter was recorded with DEWEsoft Sirius HD 16xSTGS at a sampling rate of 1024 Hz. Then fourier transformations were performed using the DEWEsoft X3 program. During this transformation, the effects of fourier transform parameters such as windowing type, resolution, overlapping , averaging type were investigated. As a result of this study, the highest acceleration was measured as 9.78% between the two data. In addition, it was observed that the two tests generally provided closeness between all peaks and slopes between peaks.

Keywords: Fourier Transform, Natural Frequency, Vibration

1. Giriş

Yapılar ve mekanik parçalar doğal hayatta sürekli rastgele titreşimlere maruz kalmaktadır. Yorulma, parça hasarlarında en önemli etken haline geldiğinden beri restgele titreşimin ve ömür tahmininin önemi daha da artmaktadır. Bununla birlikte, frekans tabanlı yorulma analizi yaklaşımı geliştirilerek, parçalar daha doğru ve optimize edilmiş yorulma tasarımı gerçekleştirilebilir. Günümüzde teknoloji ve kullanılan tekniklerin gelişmesinden ötürü araç üretimi hızlı hale geldiğinden, tasarım ve üretim aşamalarının arasındaki süre kısalmıştır. Tasarım süreçlerinde ortaya çıkan hatalar çok az maliyetler ile düzeltilebilmekte fakat üretime geçtikten sonra yapılan hataların düzeltilmesi önceki süreçlere göre daha maliyetli olmakta ayrıca müşterilerin markaya olan güvenini sarsmaktadır. Bu hataların önüne geçebilmek için tasarım aşamalarında analizin önemi daha da artmaktadır. Analizlerin doğruluğunu arttırmak için ise, test düzenekleri hazırlanıp, analiz ve testlerin korelasyonu yapılmaktadır.

Bu konu ile ilgili literatür incelendiğinde Braun (2010) çalışmasında şok sinyalinin periyodik elemanların tespit edilmesi, farklı ortalama sinyal elde etme ve filtreleme yöntemlerini anlatmıştır. Yao ve arkadaşları (2016) rotor sisteminin harmonik analizlerinde hızlı fourier dönüşümü, ayrık fourier dönüşümü, gelişmiş ayrık fourier dönüşümü yöntemlerini incelemiştir. Shi ve arkadaşları (2019) çalışma esnasında döner değirmen sisteminine gelen yüklerin frekans analizlerinde kesirli fourier dönüşümü ve fourier dönüşümü yöntemlerini kullanmış ve sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Özyugur ve Gündüz (2014) deprem esnasında binaların yerdeğıştirmesinin

ve dönmesinin fourier dönüşümü yardımıyla hesaplanabilmesi için sayısal yöntem önermişlerdir. Uyar ve arkadaşları (2013) elektrik üretiminde güç kalitesini problemlerinin analizi için fourier dönüşümü yönteminden yararlanmışlardır.

Bu çalışmada, müşteri şartnamelerine göre hazırlanan bir sarsıcı test düzeneğine bağlanmış binek araç far gövdesinin zamana bağlı ivme datasında fourier dönüşümü kullanılarak doğal frekanslarının ve ivme cevaplarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

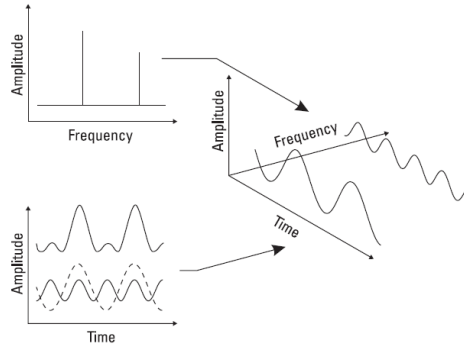
2. Materyal ve Metot

Fourier dönüşümü sinyal işleme tekniklerinde standart hale gelmiştir. Fourier, doğadaki tüm periyodik fonksiyonların sonsuz adet sinüs/kosinüs sinyalleri toplamları cinsinden yazılabildiğini belirtmiştir (Kwok ve Jones, 2000).

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=0}^{\infty} a_n \cdot \cos\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) + \sum_{n=0}^{\infty} b_n \cdot \sin\left(\frac{2\pi n t}{T}\right) \quad (1)$$

Frekans analizi, aynı dataya farklı bir yoldan bakmaktır, kısaca zaman alanında datayı incelemek yerine frekans alanında incelemektir. Bunun nedeni oluşan gürültü/titreşim kaynağının daha kolay tespitini sağlamaktır. Zaman alanında toplanan verinin frekans alanına dönüşümü fourier dönüşümü ile sağlanmaktadır.

Şekil 2. Örnek sinyal üzerinden zaman-frekans alanlarının gösterimi (Understanding Dynamic Signal Analysis 2002)



Bu dönüşüm esnasında periyodik olmayan sinyallerde sızıntı problemi oluşmaktadır. Eğer sinyalin tek bir parçası, sinyalin tamamında aynı şekilde ilerliyorsa bu durumda sinyal periyodik demektir. Periyodik olmayan sinyallerdeki zaman alanındaki sızıntı frekans alanında büyük yayılmaya sebep olur. Pencereleme, sızıntının etkisini azaltmak için kullanılır fakat pencereleme sızıntıyı tamamen gidermez

sadece sinyali mümkün olduğu kadar periyodikleştirerek sızıntının azalmasını sağlar. Pencereleme fonksiyonu normal aralığı 0 ila 1 arasında olan periyodik bir fonksiyondur. Sinyal pencereleme fonksiyonu ile çarpılarak sızıntı problemi minimize edilir (Sevgi ve Uluşık, 2006). Bu çalışmada kullanılan pencereleme fonksiyonlarının denklemleri aşağıda verilmiştir.

$$\text{Rectangular} : W(n\Delta t) = 1 \quad (2)$$

$$\text{Hanning} : W(n\Delta t) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) \quad (3)$$

$$\text{Hamming} : W(n\Delta t) = 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) \quad (4)$$

$$\text{Flat-top} : W(n\Delta t) = 0.2810639 - 0.5208972 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) + 0.1980399 \cos\left(\frac{4\pi n}{N}\right) \quad (5)$$

Test 23 °C' z eksen yönünde 2g 'lik bir ivme 0,5 oktav/dk tarama hızı ve 1-300 Hz frekans aralığında yapılmıştır. Binek araç far gövdesi, sarsıcı test düzeneğine gerçek araç üzeri konumunda montajı yapılmış ve üzerine iki adet üç eksenli ivme ölçer bağlanmıştır.

Şekil 3. Binek araç far gövdesi test düzeneği

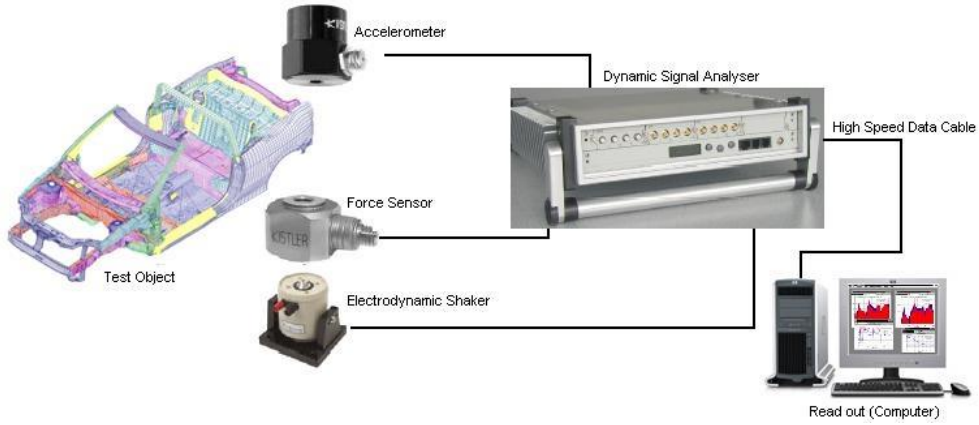


İvme ölçerlerden biri sarsıcı test düzeneğine diğeri ise DEWEsoft Sirius HD 16xSTGS veri toplama sistemine bağlanmıştır. İlk ivme ölçerden alınan veriler sinyal düzenleyici tarafından anlık olarak işlenmiştir. İkinci ivme ölçerden alınan veriler ise DEWEsoft Sirius HD 16xSTGS ile zamana bağlı olarak 1024 Hz örnekleme hızı ile kayıt edilmiştir. Kaydedilen bu veriler fourier dönüşümü yardımı ile zaman alanından frekans alanındaki veri haline getirilmiştir. Fourier dönüşümü parametreleri değiştirilerek elde edilen frekans-ivme grafiği sarsıcı test düzeneğindeki frekans-ivme grafiği ile karşılaştırılmıştır.

Şekil 4. DEWEsoft Sirius HD 16xSTGS



Şekil 5. Sarsıcı test düzeneğinin şemasal gösterimi



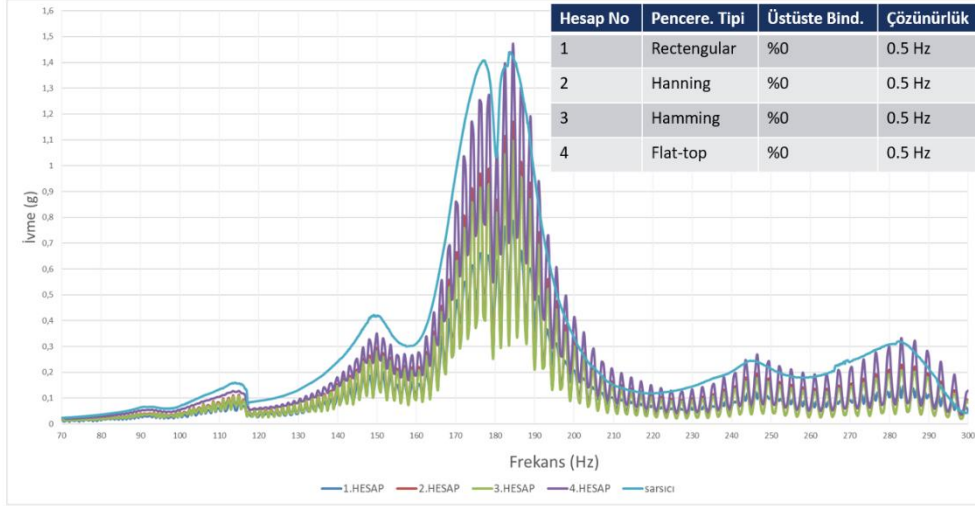
Bu çalışmada Rectangular, Hanning, Hamming, Flat-top pencereleme fonksiyonları ile çözünürlük 0.5-1 Hz olacak şekilde pencereleme fonksiyonları % 0, % 50, % 90 olarak üstüste bindirilerek hesaplamalar yapıp sarsıcıdan çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yukarıdaki özellikler baz alınarak DEWEsoft X3 programıyla 24 adet hesaplama yapılmıştır ve tablolar oluşturulmuştur. Tabloların daha rahat anlaşılabilmesi için her pencereleme fonksiyonu değiştirilmiş ve diğer özellikler sabit olacak şekilde dörderli olarak gruplandırılmıştır.

Tablo 1. Hesaplama tablosu ve içerikleri

Hesap No	Pencereleme Tipi				Üstüste Bindirme			Çözünürlük	
	Rect.	Hann.	Ham.	Flat.	%0	%50	%90	0,5 Hz	1 Hz
1	x				x			x	
2		x			x			x	
3			x		x			x	
4				x	x			x	
5	x				x				x
6		x			x				x
7			x		x				x
8				x	x				x
9	x					x		x	
10		x				x		x	
11			x			x		x	
12				x		x		x	
13	x					x			x
14		x				x			x
15			x			x			x
16				x		x			x
17	x						x	x	
18		x					x	x	
19			x				x	x	
20				x			x	x	
21	x						x		x
22		x					x		x
23			x				x		x
24				x			x		x

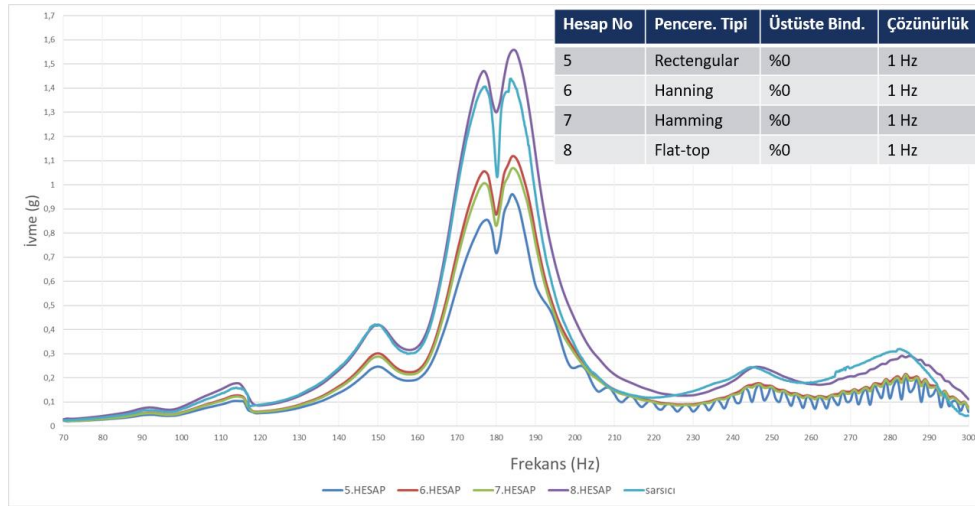
3. Bulgular ve Tartışma

Şekil 6. 1.-4. Hesaplama ve sarsıcı ile karşılaştırılması



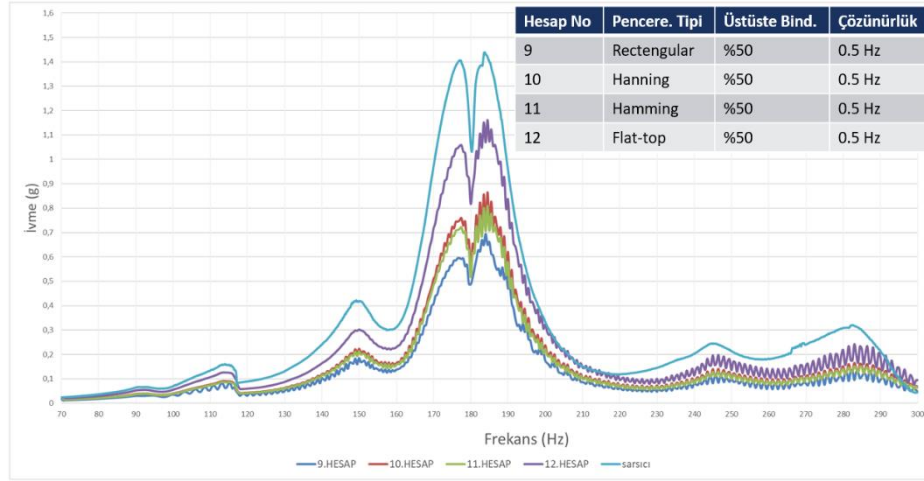
Üstüste bindirme yapılmadan, 0.5 Hz çözünürlükte sızıntı problemleri pencereleme fonksiyonuna rağmen giderilememiştir.

Şekil 7. 5.-8. Hesaplama ve sarsıcı ile karşılaştırılması



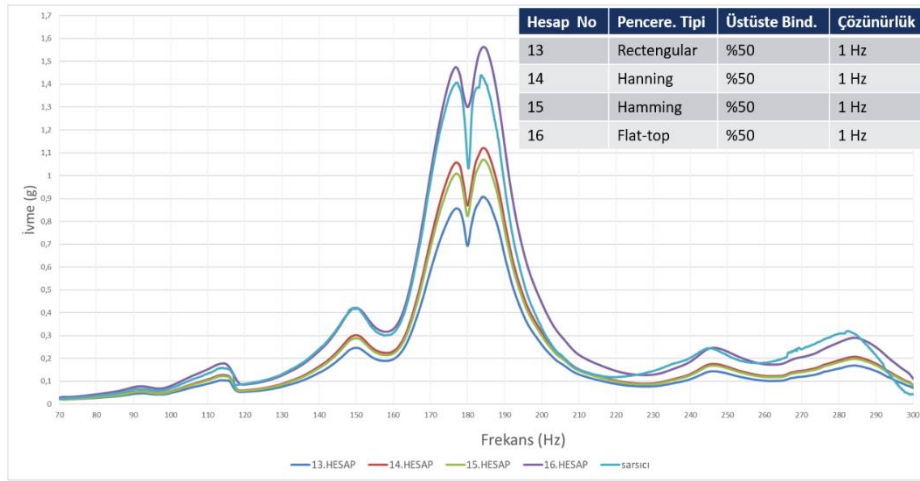
Üstüste bindirme yapılmadan, 1 Hz çözünürlükte sızıntı problemleri yüksek frekanslarda ortaya çıkmış, data bozulmuştur fakat 8. hesaplama da yaklaşık bir sonuç elde edilmiştir.

Şekil 8. 9.-12. Hesaplama ve sarsıcı ile karşılaştırılması



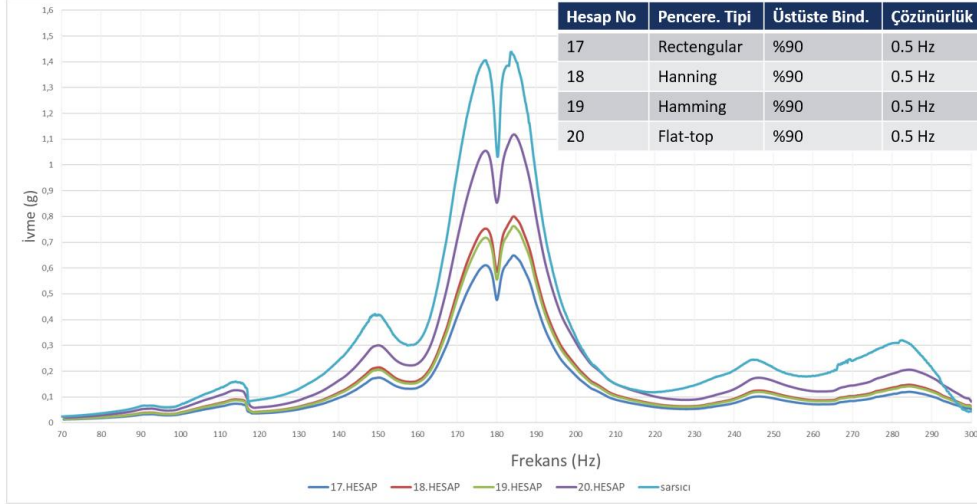
%50 üstüste bindirme ile sızıntı problemi düzeldiği görülmüştür fakat 0.5 Hz çözünürlük ile birlikte genel yönelim benzer olsa da tepe noktalarının birbirinden farklı olduğu görülmüştür.

Şekil 9. 13.-16. Hesaplama ve sarsıcı ile karşılaştırılması



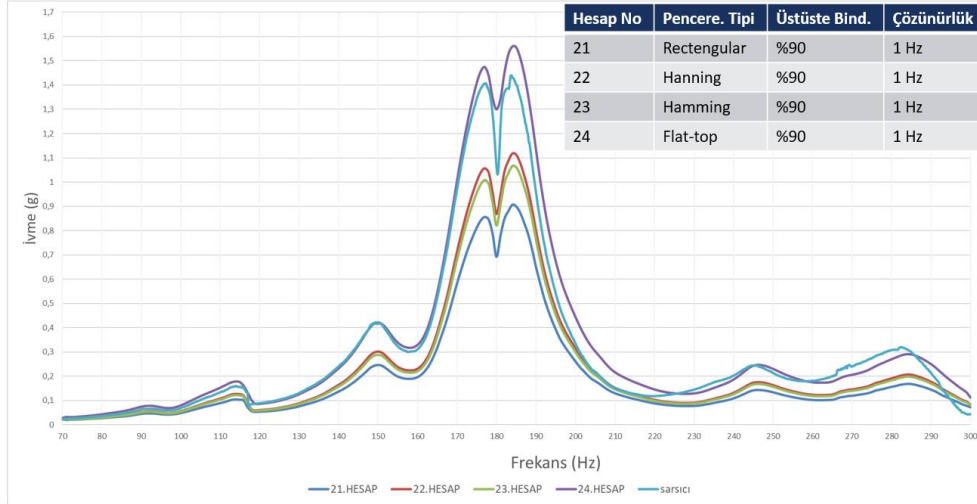
1 Hz çözünürlükte ve % 50 üstüste bindirme parametresi ile Flat-top pencereleme tipi sarsıcı ile en yakın yönelim elde edilmiş ve tepe noktalarının genelde uyumlu olduğu görülmüştür. Analizlerde önem verilen kısım en yüksek tepe noktası olduğundan yönelim ile birlikte en yüksek tepe noktasının değerleri karşılaştırılmaktadır.

Şekil 10. 17.-20. Hesaplama ve sarsıcı ile karşılaştırılması



0.5 Hz çözünürlük ve %90 üstüste bindirme parametresi ile sızıntı problemi giderilmiştir fakat hiçbir hesaplama da yönelim benzer olsa da tepe noktaları değerleri bakımından uyumsuzluk görülmüştür.

Şekil 11. 21.-24. Hesaplama ve sarsıcı ile karşılaştırılması



1 Hz çözünürlükte, %90 üstüste bindirme parametresiyle Flat-top fonksiyonunda yönelim bakımından yakın sonuçlar elde edilmiştir ve tepe noktaları da sarsıcı sonuçları ile birbirine yakındır.

4. Sonuç

Çalışma sonucunda, 1 Hz çözünürlükte ve % 50, % 90 üstüste bindirme parametresi ile Flat-top pencereleme fonksiyonu sonucunda sarsıcı ile yaklaşık sonuçlar elde edilmiştir. 1024 Hz örnekleme hızında, 1 Hz çözünürlükte % 50 ve % 90 üstüste bindirme parametresi sonuçlarına bakıldığında, üstüste bindirme parametresi sonuçlara etki etmemiş sadece sızıntı problemini gidermiştir. 24. hesaplama ile sarsıcı sonuçları arasında en yüksek tepe noktaları karşılaştırıldığında fark % 9,78 olarak ölçülmüştür. Diğer tepe noktalarında fark daha az olsa da dikkat edilen değer en yüksek ivme cevabı alınan tepe olduğundan sadece en yüksek ivme cevabı tepe karşılaştırılmıştır. 1024 Hz örnekleme hızında 0.5 Hz çözünürlükte yakın sonuçlar elde edilememiş ve sızıntı probleminin giderilebilmesi için her çözünürlüğe göre üstüste bindirme parametresinin değiştiği gözlemlenmiştir.

Kaynakça

- Agilent Technologies, 2002. Understanding Dynamic Signal Analysis. Fundamentals of Signal Analysis Series.
- Braun, S. 2010. The synchronous (time domain) average revisited. Proceedings of ISMA2010 Including USD2010, Technion City, Haifa, Israel.
- H.K. Kwok, D.L. Jones, Improved instantaneous frequency estimation using an adaptive short-time Fourier transform, IEEE Trans. Signal Proces. 48 (10) (2000) 2964–2972.
- Özuygur, A., R., Gündüz, A., N., 2014. Elastik Zeminle Dinamik Olarak Etkileşen Tek Serbestlik Dereceli Yapıların Optimal Kontrolü. İMO Teknik Dergi, 6581-6600.
- Shi, J., Si, G., Li, S., Oresanya, B., Zhang, B., 2019. Feature extraction based on the fractional Fourier transform for vibration signals with application to measuring the load of a tumbling mill. Control Engineering Practice vol 84, 238-246.
- Uyar, M., Yıldırım, S., Gençoğlu, M., T., 2013. Güç Kalitesi Problemlerinin Analizi İçin İşaret İşleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi (Fırat Univ. Journal of Engineering) vol. 25(1), 21-31.
- Yao, J., Tang, B., Zhao, J. 2016. Improved discrete Fourier transform algorithm for harmonic analysis of rotor system. Measurement vol. 83, 57-71.

GÖZ KIRPMA SAYISI TABANLI UYARI SİSTEMİ İLE GÖZ YORGUNLUĞU BELİRTİLERİNİN AZALTILMASI

Dr. Öğr. Üyesi Gür Emre GÜRAKSIN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Arş. Gör. Nurgül Özmen SÜZME

Afyon Kocatepe Üniversitesi

İsmail KAYADİBİ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Doç. Dr. Uçman ERGÜN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Özet: Dijital göz yorgunluğu olarak da bilinen bilgisayar görme sendromu, bilgisayarların ve diğer elektronik ekranların kullanımından kaynaklanan göz ve görme problemlerinin bir birleşimidir. Bilgisayarlar ve mobil cihazlar, fiyatlarının uygun olması, üretkenliği artırması ve sosyal hayatın içinde yaygın biçimde olması sebebiyle insanlar tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. Buna bağlı olarak, oküler ve göz dışı semptomlardan muzdarip olan insan sayısı artmıştır. Bu çalışmada göz kırpma tabanlı uyarı sistemi, Raspberry Pi üzerinden Python programlama dilinde OpenCV görüntü işleme kütüphanesi kullanılarak uygulanmıştır. Sistem, görüntüde bulunan yüzleri ve gözleri algılamak için, OpenCV kütüphanesindeki önceden eğitilmiş Haar özelliği olan Adaboost Sınıflandırıcısı'nın özellikleri kullanılmaktadır. Göz kırpma sayısı belirtilen eşik değerden düşük olduğunda sistem kullanıcıyı uyarır. Bu çalışmada, çalışanların ekranın önündeki göz kırpma sayısını belirten az sayıda göz kırpmadan kaynaklanan sorunların önlenmesi amaçlanmıştır. Sistem uygun çözünürlük ve parlaklık değerlerinde düşük bir hata oranıyla çalışmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Bilgisayar Görme Sendromu, Adaboost, Haar Sınıflandırıcısı, OpenCV

Reducing Symptoms of Eyestrain with a Warning System Based on the Number of Blinks

Abstract: Computer vision syndrome, also known as digital eye fatigue, is a combination of eye and vision problems caused by the use of computers and other electronic screens. Computers and mobile devices are used by most people as their prices are appropriate, increase productivity and be

incorporated into social life. Accordingly, the number of people suffering from ocular and extraocular symptoms increased. In this study the blink-based warning system was implemented in a Python programming language using an OpenCV image processing library on a Raspberry Pi. The system uses the functions in the OpenCV library for the Adaboost Classifier, which is a pre-trained Haar feature for detecting faces and eyes on the system image. The system warns the user when the number of blinking is less than the specified threshold value. In this study, it was aimed to prevent the problems caused by the small number of blinking eye by warning about the number of blinking eye for the employees in front of the screen. The system works with a low error rate at the appropriate resolution and brightness values.

Keywords: Computer Vision Syndrome, Adaboost, Haar Classifier, OpenCV

1. INTRODUCTION

Eye-strain, tired eyes, irritation, burning sensation, eye redness, dry eyes, blurred and double vision occurs due to screen usage, this called as Computer Vision Syndrome (CVS) (Blehm et al., 2005). The decrease in the number of blinking due to computer use is supported by many studies and is also called Digital Eye Strain (DES) (Divjak and Bischof, 2009). Computer vision syndrome, also known as digital eye fatigue, is a combination of eye and vision problems caused by the use of computers and other electronic screens (Rosenfield et al., 2015). Today, computers are used in every aspect of life. Computers and mobile devices are used by most people as their prices are appropriate, increase productivity and be incorporated into social life. Accordingly, the number of people suffering from ocular and extraocular symptoms increased (Blehm et al., 2005).

The working conditions and the methods used to determine CVS vary widely, it is difficult to predict the state of the symptoms associated with electronic screens. In a study conducted by computer users in New York City, 40% of the computer users complained of tired eyes at least half of the computer usage period, 32% dry eye and 31% eye discomfort at the same frequency. In addition, in the study conducted with 200 children aged 10-17 years by the American Optometric Association, 80% of the participants reported that they had burning, itching, fatigue and turbidity after computer use (Sheppard and Wolffsohn, 2018).

When looking at digital screens, it is thought that the cause of dry eye may be caused by a change in the number of blinking. Studies have reported a decrease in the number of blinking during computer use. Tsubota and Nakamori (1993)

compared the blink rates when 104 office workers were comfortable, reading a book, or viewing text on an electronic screen. While the average blink rate is comfortable 22 / minute, but 10 / minute when reading the book and 7 / min when viewing the electronic screen (Rosenfield et al., 2015).

In order to prevent CVS, a warning is given when the number of blinking counts is counted below the determined value. This designed system is externally connected to the computer and the counting will start when the person starts to use the computer.

Divjak and Bischof (2009) took the user's eye movements and blinking through standard web camera application. In addition to eye closure speed, eye clipping frequency and duration are the primary indicators of eye fatigue. When the specified parameters reach critical levels, the system warns the user and offers him relaxation instructions and interactive eye-muscle exercise.

Polatsek (2013) proposed two different methods for eye and eye closure detection. Backprojection using saturation or hue-saturation histogram was used in the first method to detect blinking. The second method is based on the Lucas-Kanade (KLT) feature tracker that monitors eyelid movements. Here the user looks directly at the computer screen.

Malik and Smolka (2014) proposed a new approach for blink detection in video sequences. In the proposed method, it uses the local binary patterns (LBP) technique to capture the characteristics of the current state of the eye and create an identifier. In the first step, a histogram of LBP that identifies the open eye is created and then acts as a template compared to the histogram of the next frames LBP. When the eye opens and closes, it is perceived as the sharp peaks of the difference between the template and the histogram of the current frame. As a result of the comparisons, the results indicate that the technical effectiveness of the analysis is superior to the current blink detection methods.

Tamba et al. (2014) was suggested the non-contact Blink Detection System using Doppler sensor. The threshold value is adjusted for each person and the classification of the system that is not cropped or cropped is made, the proposed system can detect and count the blink.

The blink-based warning system was implemented in a Python programming language using an OpenCV image processing library on a Raspberry Pi. The system uses the functions in the OpenCV library for the Adaboost Classifier, which is a pre-trained Haar feature for detecting faces and eyes on the system image. According to the presence or absence of eyes on the detected face, the crop status is determined. The system warns the user when the number of blinking is less than the specified

threshold value. The system mainly consists of face detection, eye detection, blink detection and warning system.

2. MATERIALS and METHOD

The blink-based warning system was implemented in a Python programming language using an OpenCV image processing library on a Raspberry Pi. The system uses the ready functions in the OpenCV library for the Adaboost Classifier, which is a pre-trained Haar feature for detecting faces and eyes on the system image. According to the presence or absence of eyes on the detected face, the crop status is determined. The system warns the user when the number of blinking is less than the specified threshold value. The system mainly consists of face detection, eye detection, blink detection and warning system.

2.1 Image Processing

An image can be describe as a two-dimensional function $f(x,y)$ where x and y are spatial coordinates, and the amplitude of f at any pair of coordinates (x, y) is called the intensity or gray level of the image at that point (Gonzalez, and Woods, 2002). Image processing is to make changes to the image according to the purpose of the user. Some of the components are highlighted and some are ignored, so important attributes for the user can be found with image processing.

2.2. OpenCV

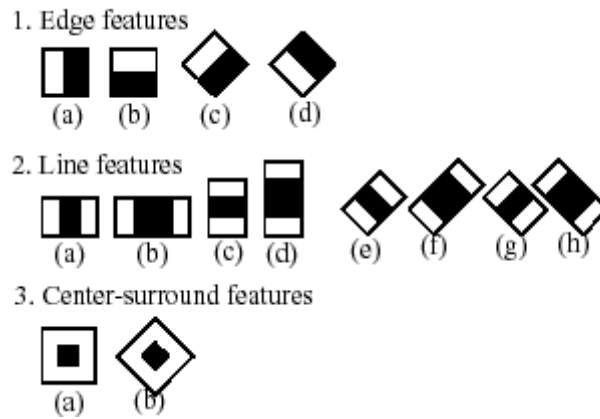
OpenCV (Open Source Computer Vision Library) is developed by INTEL using C and C ++ languages to extract and process meaningful information within a picture or video (Freund et al., 1999). OpenCV is an auxiliary library used for image processing with open source computer vision and machine learning. Also OpenCV is designed to improve computing efficiency and for real-time applications. Many applications such as motion detection, face detection and recognition, camera calibration can be done by using computer vision and image processing algorithms in OpenCV. The CV component named by using the initials of the OpenCV Computer Vision is one of the five basic libraries that incorporate the basic image processing functions and high level algorithms for computer vision.

2.3. Haar Cascade (AdaBoost) Classifier

The Haarcascade classifier of OpenCV is used to find the face and eye areas of the individual. Object detection using Haar property-based cascade classifiers was used as an effective object detection method in 2001 by Paul Viola and Michael Jones

(Viola and Jones, 2001). The Haar Cascade classifier is based on the simple rectangular properties called the Haar properties. In the training of the classifier, it is ensured that the positive and negative images are combined by using AdaBoost machine learning method. The AdaBoost algorithm requires a class to be trained to perform object detection, so the object needs a positive image and negative images without an object. The properties of the objects in the images are made while the Haar properties seen in Figure 1 are used.

Figure 1. Haar Features (Wilson and Hernandez, 2006).



Each property is based on a single value obtained by subtracting the sum of the pixels below the white rectangle from the sum of the pixels below the black rectangle. The Adaboost classifier is used to create a powerful classifier by combining weak classifiers correctly (Gonzalez and Woods, 2002). It is preferred for real time image processing applications because it works at high speed.

2.4. Raspberry Pi 3 Model B

Raspberry Pi is a real computer in credit card size. Raspberry Pi is used by everyone due to its capacity, small size and reasonable price to do most things a computer can do. The image processing part of the system has been processed by this mini computer.

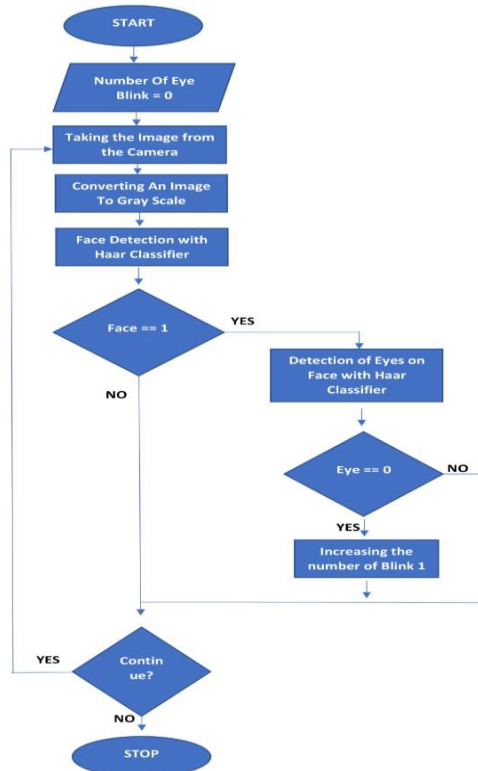
Figure 2. Raspberry Pi 3 Model B



3. DETERMINING THE NUMBER OF BLINK

Python programming language, OpenCV library and Visual Studio 2015 software development environment were used in this study. The overall flow of the system is as shown in Figure 3.

Figure 3. Flow of the system



In this study, the number of blinking images of the persons taken from the computer and the warning was given to the user. For this purpose, firstly image is taken and firstly converted to gray scale. The face is fixed with the help of the Haar-cascade classifier. Detection of the eyes on the face is performed by detecting a face on the image. At the moment the two eyes are open and closed at the same time, blinking is detected and the number of blinking is increased or the eyes are detected on the face, and the system continues and continues to return to detect the eyes.

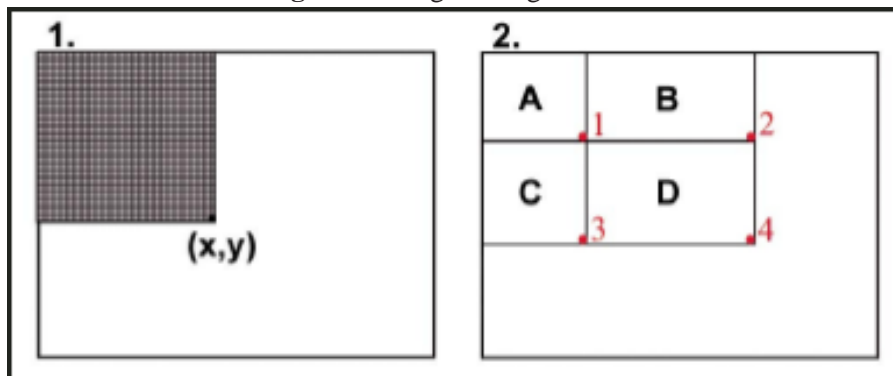
3.1 Converting an Image into a Gray Scale

In the digitization process, it is necessary to determine the image dimensions and the brightness value that each pixel can have. The brightness value of each pixel of the digital image is called gray levels. The gray level range in the image is determined by the number of bits in which the brightness value at each pixel is coded.

3.2 Detection of faces in the image

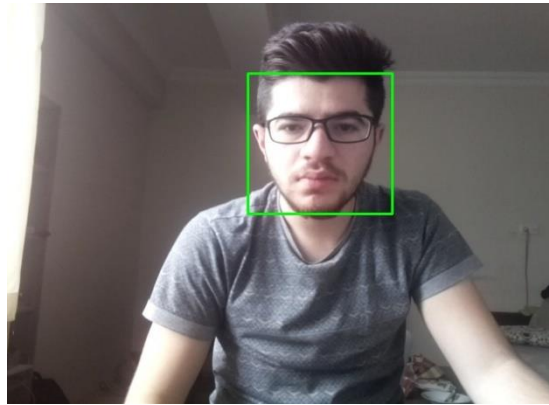
Haarcascade, an OpenCV object sensing classifier, uses a technique called Viola and Jones integral image to determine the presence or absence of hundreds of properties of each image position and on several efficient scales. The integral image can be defined as a two-dimensional lookup table in the form of a matrix with the size of the original image. Each element of the integral image contains the sum of all the elements in the upper left of the original image. This allows the sum of the rectangular areas in the image to be calculated in any position or scale using only four searches.

Figure 4. Integral image number



As seen in Figure 4, the integral image applied to the image contains the sum of all pixels (x, y) . The sum of the rectangular pixels is $D = (x_4, y_4) - (x_2, y_2) - (x_3, y_3) + (x_1, y_1)$. $D = (A + B + C + D) - (A + B) - (A + C) + A$. In other words, the sum of the rectangular pixels is found as the D region. When the image is received from the camera, it determines the face of the xml file named `"../haarcascades/haarcascade_frontalface_default.xml"` in the Haarcascade class in OpenCV.

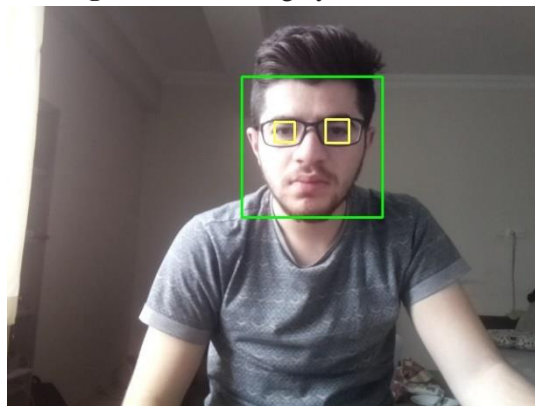
Figure 5. Detected Face



3.3 Detection of the Eyes from the Face Detected in the Image

Firstly face on the image is found, we need to detect the eyes. For eyes of the Haarcascade class in OpenCV, the xml file `"../haarcascades/haarcascade_eye_tree_eyeglasses"` is used and the eyes on the face are marked.

Figure 6. Detecting eyes on the face



3.4 Blink Detection and Counting

The fact that the eyes disappear on the image at the same time is defined as blinking. The blink condition is monitored and the user's blinking numbers per minute are determined with this method.

Figure 7. a) Eyes open

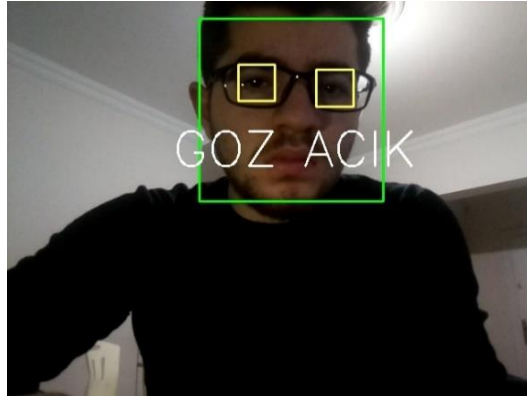
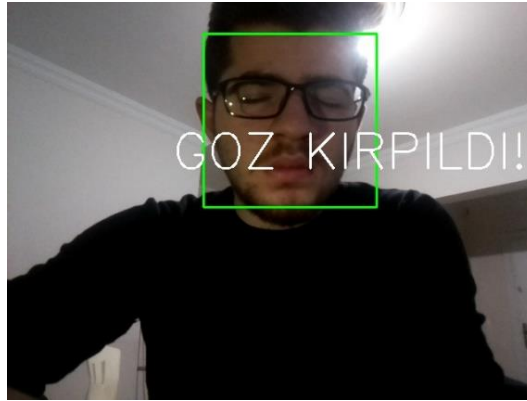
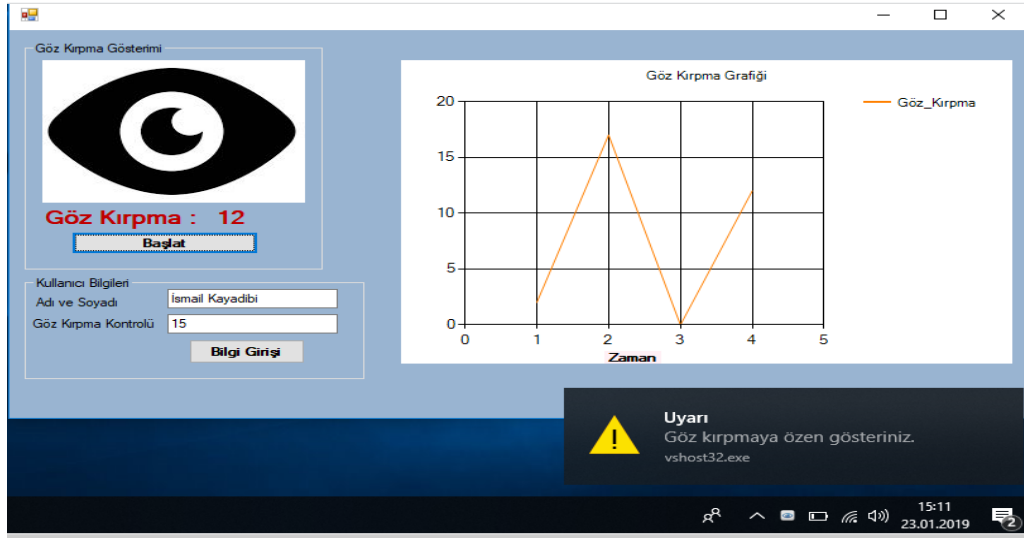


Figure 7. b) Blink Status



The warning given in the system below the threshold value is given in Figure 8.

Figure 8. Warning for Blinking



4. CONCLUSION

In this study the faces on the image were detected and then the eye conditions on the face were checked and the blinking condition was determined. Face and eye detection was made by using OpenCV Haar Classification. Face detection was done with OpenCV Haarcascade Classifier. The areas on which the eyes were detected. The condition of the eye regions was controlled to detect blinking. The number of detected blinks is determined in minutes. A comparison is made between the minute blink threshold set and the blink status of the user. A warning is given to the user when the blink value is lower than the threshold value. The resolution and brightness values of the images adversely affected the application.

5. REFERENCES

- Blehm, C., Vishnu, S., Khattak, A., Mitra, S., & Yee, R. W. (2005). Computer vision syndrome: a review. *Survey of ophthalmology*, 50(3), 253-262.
- Sheppard, A. L., & Wolffsohn, J. S. (2018). Digital eye strain: prevalence, measurement and amelioration. *BMJ open ophthalmology*, 3(1), 1-8.
- Rosenfield, M., Jahan, S., Nunez, K., & Chan, K. (2015). Cognitive demand, digital screens and blink rate. *Computers in Human Behavior*, 51, 403-406.
- Divjak, M., & Bischof, H. (2009, May). Eye Blink Based Fatigue Detection for Prevention of Computer Vision Syndrome. In *MVA*, 350-353.
- Polatsek, P. (2013). Eye blink detection. Slovak University of Technology in Bratislava. Faculty of Informatics and Information Technologies. IIT. SRC, 1-8.
- Malik, K., & Smolka, B. (2014, April). Eye blink detection using local binary patterns. In *Multimedia Computing and Systems (ICMCS), 2014 International Conference on*, 385-390.
- Tamba, C., Tomii, S., & Ohtsuki, T. (2014, September). Blink detection using Doppler sensor. In *Personal, Indoor, and Mobile Radio Communication (PIMRC), 2014 IEEE 25th Annual International Symposium on*, 2119-2124.
- Freund, Y., Schapire, R., & Abe, N. (1999). A short introduction to boosting. *Journal-Japanese Society For Artificial Intelligence*, 14, 771-780.
- Viola, P., & Jones, M. (2001). Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. In *Computer Vision and Pattern Recognition, 2001. CVPR 2001. Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference, Vol. 1*, 1-9.
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2002). *Digital image processing second edition*. Beijing: Publishing House of Electronics Industry.
- Wilson, P. I., & Fernandez, J. (2006). Facial feature detection using Haar classifiers. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 21(4), 127-133.

DNA HASARI VE GENOTOKSİSİTE TESTLERİ

Hilal ÇAVUŞ

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Müge GİDİŞ

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Özet: İnsan popülasyonunun artmasıyla çevremizde maruz kaldığımız sayısız fiziksel ve kimyasal ajanlar DNA'mıza zarar vermekte ve erken yaşlanmamıza yol açmaktadır. Bu yüzden genetik toksisite testleri ile bu kimyasalların zararlı etkilerini önceden tahmin etmek hem bizim için hem de diğer organizmalar için önemlidir. DNA hasarları, zincir kırıkları, gen mutasyonları, bazı kromozom değişikliklerini içermektedir. DNA hasarı ile ilgili çalışmalar, genotoksik ajanların, DNA'da değişikliğe neden olabilecek hasarların izlenmesinde, kansere ve yaşlanmaya neden olan potansiyel risklerini değerlendirmede ve güvenilirliklerinin tespitinde birer biyolojik göstergedir. Bu çalışmanın amacı, Mikronükleus Testi (MN), Tek Hücre Jel Elektroföresi (Komet Testi), Ames Testi, Kardeş Kromatid Değişimi (SCE), Kromazomal Aberasyon Testi (CA), Somatik Mutasyon ve Rekombinasyon Testi (SMART) gibi yaygın bir şekilde kullanılan genetik toksisite testleri ile ilgili bilgi vermek ve kullanımın yaygınlaştırılması için dikkat çekmektir.

Anahtar kelimeler: DNA, DNA hasarı, genetik toksisite testleri

DNA Damage and Genotoxicity Tests

Abstract: With the increase in the human population, the physical and chemical agents that have been exposed to in our environment are harm our DNA and lead to early aging. Therefore, predicting the harmful effects of these chemicals with genetic toxicity tests is important for us as well as for other organisms. DNA damage, strand breakage, gene mutations, and some chromosome changes. DNA damage studies are the biological indicators of genotoxic agents in assessing the potential risks that cause cancer and aging in monitoring the damage that may lead to changes in DNA. The aim of this study was to investigate the commonly used genetics such as Micronucleus Test (MN), Single Cell Gel Electrophoresis (Komet Test), Ames Test, Sister Chromatid Exchange (SCE), Chromosomal Aberration Test (CA), Somatic Mutation and Recombination Test (SMART). To give information about toxicity tests and to draw attention to the widespread use.

Key words: DNA, DNA damage, genetic toxicity tests

GİRİŞ

1. DNA Hasarı

Organizmaların yaşamı boyunca genomunda var olan endojenler ve ekzojenlerden dolayı DNA'nın hasarlanması kaçınılmazdır (Onur vd., 2009:62). Tek zincirli DNA'daki polar grup olan azotlu bazların hidrojen bağları ile bağlanmasıyla çift zincirli DNA oluşur. Bu bazlardaki polar gruplarda çeşitli etkilerle meydana gelen kimyasal değişiklikler DNA'nın replikasyonunda yanlış eşleşmesine yol açar. Böylelikle yanlış eşleşme mutasyonlar oluşturur ve bunlar da yanlış protein üretimiyle sonuçlanır (Dinçer ve Kankaya, 2010:1370).

DNA üzerinde hasarları tamir eden mekanizmalar vardır (Dinçer ve Kankaya, 2010:1370). Fakat DNA tamir mekanizmasının kapasitesini aşan düzeylerde hasar oluştuğunda bu mutasyonların birikmesine ve hücrenin daha erken yaşlanmasına neden olur (Öğüt ve Atay, 2012:70).

Hücrede yaşam boyunca gerekli olan oksijen hasara neden olan reaktif oksijen türleri (ROS'lar) DNA'da zincir kırıkları ve oksidatif baz modifikasyonlarına yol açar (Dinçer ve Kankaya, 2010:1370). DNA üzerinde yaklaşık 20 farklı türde oksidatif baz hasarı oluşur. Bunlardan en sık rastlanan baz modifikasyonu 8-hidroksi-2-deoksiguanozin (8-OHdG)'dir ve bu modifikasyon, DNA'nın endojenik oksidatif hasarının önemli belirtecidir (Fidancı ve Ercan, 2012:163).

8-OHdG oluşumu pürinlerin 4. ve 5. karbondaki OH ürünleri ile dehidrate olur, 8. Karbon pozisyonunda OH ile reaksiyonundan imidazol halkasının açılmasıyla sonuçlanır. DNA üzerindeki 8-OHdG onarımı baz kesip-çıkarma (BER) sistemi kullanılır. Onarımından sonra 8-OHdG periferel dolaşımdadır ve idrarla dışarı atılır (Akkaya, 2018:27). Ercan U.R. ve ark. yaptığı çalışmada piyodermal köpeklerde sağlıklı köpekler ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak yüksek 8-OHdG düzeyi bulmuşlardır. Yine Hellbock'un yaptığı araştırmada yaşlı sıçanların karaciğer 8-OHdG seviyesinin, genç sıçanlardan 2.75 kat daha fazla olduğunu saptamışlardır (Helbock vd, 1998:288). Bu modifikasyonun yapılan çalışmalarla üzerinde durulduğu nokta, yaşlanma ve oksidatif DNA hasarı arasında bir korelasyon gösterdiğidir (Fidancı ve Ercan, 2012:163).

2. Genetik Toksikite Testleri

Geno-toksikoloji ya da genetik toksikoloji, çeşitli kimyasalların yol açtığı germ hücreleri haricindeki bütün hücrelerde, çekirdek, kromozom ve DNA yapısında meydana gelen DNA eklentileri, DNA kırıkları, gen mutasyonları, kromozom anormallikleri, gibi hasarları içine alan bir terimdir (Young, 2002:103).

Genetik toksikoloji testleri 1970'lerden beri kullanılmaktadır. Bu testler kimyasal maddelerin mutasyona, DNA hasarlarına sebep olup olmadığını saptamak ve bu kimyasalların etki mekanizmalarını anlamak amacıyla yapılırlar (Şekeroğlu ve Şekeroğlu, 2011:221).

DNA'yı doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen, ilaçlar, pestisitler, sigara, gıda katkı maddeleri, parazitik enfeksiyonlar, UV ve radyasyon gibi çoğu kimyasal ve fiziksel ajanların genotoksik potansiyellerin tespitinde, ilaçların genotoksik etkisinin kullanılmadan önce belirlenmesinde, çeşitli hastalıkların DNA hasarının tespitinde, kanserden korunma, çevre kirliliğinin biyoizlenmesinde kadar çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır (Yüzbaşıoğlu, vd., 2015:184). Bunun için birçok test bulunmaktadır. Bu testlerden bazıları yaygın bir şekilde kullanılırken, bazıları daha az kullanılmaktadır. Yaygın kullanılan testler; Mikronükleus testi, Comet Assay, Ames testi, Kardeş Kromatid Değişimi testi, Kromazomal Aberasyon testi, Somatik Mutasyon ve Rekombinasyon testidir.

2.1. Mikronükleus (MN) Testi – Sitokinezi Bloklanmış Mikronükleus (CBMN) Testi

Mikronükleuslar, hücrede mitoz bölünme sırasında ortaya çıkan, hücre siklusunu kontrol eden genlerin eksikliğinden kaynaklanan, mitotik iğdeki hatalardan, kinetokordan veya mitotik aygıtın diğer parçalarından ve kromozomal hasarlardan kaynaklanan, esas çekirdeğe dahil olmayan, tam kromozom veya asentrik kromozom fragmanlarından köken alan küçük çekirdeklerdir (Yüzbaşıoğlu, vd., 2015:181).

Yöntemde sitokinezi durdurmak amacıyla hücreler aktin polimeraz inhibitörü olan sitokaleşin B'ye maruz bırakılır. İlk bölünmesini geçiren hücreler binükleer görüntüleri oluşturur. Bu sitokinezi durdurulmuş mikronükleusların sıklığı belirlenerek ortaya çıkan genetik hasar istatistiksel olarak değerlendirilir (Yüzbaşıoğlu vd., 2015:184).

Bu test mitoz geçiren tüm bitki, hayvan ve insan hücrelerinde uygulanmakta ve *in vivo* veya *in vitro* olarak yapılabilmektedir (Demirel, 2002:123). MN testi biyogösterge olarak anahtar fonksiyonu, zararlı biyolojik etkilerin "erken alarmı"dır (Mouchet vd., 2007:422).

Yapılan çalışmalarda, çeşitli fiziksel ve kimyasal ajanlara maruz kalan insanlarda, kanser ve genomik düzensizlik ile karakterize edilen hastalıklarda, MN sıklığının yüksek olduğu bulunmuştur (Şekeroğlu ve Şekeroğlu, 2011:226). Mikronükleus sayısındaki artış somatik hücrelerdeki genomik kararsızlığa yol açmaktadır (Yazici, 2012:26) Kayseri'de balıklarda çalışılan kan örneklerinde mikronükleus

değerleri balıklarda hem sistemik hem de organ bazlı bir DNA hasarının olduğunu ortaya koymaktadır (Arslan vd., 2016:131). *In vivo* ortamda yapılan çalışmada, atrazin ve trifluralin verilen farelerde mikronukleus frekansı dişi farelerde arttığı, erkek farelerde ise mikronukleuslar gözlenmemiştir (Gebel vd., 1997:98).

Fenech tarafından ilk defa memeli hücrelerde uygulanan bu teknikte, sayımlaması kolay ve hızlı, deneyime az gereksinim duyan ve boyanması hızlı ve güvenilir bir yöntemdir (Fenech, 2000:90; Eastmond ve Tucker, 1989:35).

2.2. Comet Assay - Tek Hücre Jel Elektroforezi

DNA hasarını hücre seviyesinde değerlendirilmesinde kullanılan yöntemde, genotoksik ajanlarla oluşan tek veya çift zincir kırıklarında, farklı molekül ağırlıkları ve farklı elektriksel yüke sahip DNA fragmantlerin elektroforetik ortamda farklı hızlarda yürütmesine dayalı tekniktir (Güner ve Muranli, 2013:100; Göney, 2016:45). İlk kez 1978 yılında Rydberg ve Johanson tarafından yapılan yöntemde, nötral pH'da ve alkali pH'da jel elektroforezi olmak üzere iki çeşidi vardır ve en çok kullanılanı alkali comet assay'dir; (Dikilitaş ve Koçyiğit, 2010:80; Fairbairn, vd, 1995:40).

Yöntem, canlı dokulardan izole edilen DNA'nın, ince agaroz jel içinde fikse edilip elektroforedde yürütülmesi ve daha sonra DNA spesifik boya ile boyanıp floresan mikroskopta hücrelerin tek tek değerlendirilmesini içerir. Eğer çeşitli sebeplerle tamir edilemeyen zincir kırıkları varsa, floresan mikroskop altında kuyruklu yıldız benzeyen görüntüler oluşturur. Bu nedenle böyle görünen hücrelere "comet (kuyruklu yıldız)" denmiştir. Hasarsız DNA ise komet oluşturmaz (Atkaya, 2014:37; Dikilitaş ve Koçyiğit, 2010:81).

İlk olarak hayvan ve insan hücrelerinde yapılmasına rağmen son yıllarda bitki ve funguslar üzerinde denenmiş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (19). Bu teknik ayrıca farklı hücrelerde DNA hasarını belirlenmesinde *in vitro*, *ex vivo* ve *in vivo* olarak da uygulanabilmektedir (Dinçer ve Kankaya, 2010:1364; Aksu, 2018:22).

Bu test yine ilaçların toksik etkisinin belirlenmesinde, çevre kirliliğinin biyogöstergesi olarak, kanser hastalarının DNA hasarını ve onarımının tespitinde, klinik hastalıkların izlenmesinde, sperm DNA yapısının incelenmesinde, antioksidan madde araştırmalarında ve apoptotik hücrelerin DNA kırıklarının saptanması gibi alanlarda geniş ölçüde kullanılmaktadır (Çobanoğlu vd. 2017:544; Dikilitaş ve Koçyiğit, 2010:82; Dinçer ve Kankaya, 2010:75; Glej vd. 2016:37; Şekeroğlu ve Şekeroğlu, 2011:223).

Yapılan genotoksik çalışmada bir ilaç olan pemetreksitin lökositler üzerindeki *in vitro* koşullarda tek hücre jel elektroforeziyle negatif kontrole göre DNA hasarını

uyardığını bulunmuştur (Çobanoğlu vd., 2017:544). Mogan gölünde comet yöntemiyle yapılan bazı balıklar üzerinde etil metil sülfonat (EMS) ile pozitif kontrol yapılarak DNA hasarı, istatistiksel olarak farklılıklar tespit edilmiştir (Çok vd., 2011:1456). El-Sayed ve ark yaptığı çalışmada fare retina hücrelerini etkileyen bir parazit olan *toxoplasma gondii* ile DNA hasarını indüklediği hücrelerde tek hücre jel elektroforezi uygulanmıştır ve enfekte edilen grupta kontrol grubuna göre anlamlı bir DNA hasarı tespit edilmiştir (El-Sayed ve Aly, 2014:432).

Alkali tek hücre jel elektroforezi memeli hücrelerde hızlı, kolay, hassas ve görsel bir tekniktir (McKelvey-Martin vd., 1993:62). Yöntemin dezavantajları ise uygulama sırasındaki farklılıklardır. Sonuçların farklı çıkmasına neden olan, aynı kişi tarafından yapılıp ve aynı protokol uygulansa bile, farklı laboratuvarlarda farklı sonuçlar verebilmektedir. Tam kan lökositlerinde yapılan DNA hasarı, organizmanın genel bir durumunu ortaya koyar, dokuya veya orgenele spesifik değildir (Dinçer ve Kankaya, 2010:1362).

2.3. Ames testi – Salmonella/Mikrozom Testi

Genellikle *Salmonella typhimurium* ve *E.coli*'nin mutant suşları kullanılarak yapılan ekzojen kaynaklı çeşitli kimyasal maddelerin mutajenik etkisini saptamak için kullanılır (Uysal, 2006:35). Bu bakterilerin histidin veya triptofan operonlarının değişik bölgelerinde bazı mutasyonlar içermektedir. *Salmonella typhimurium*'un histidin sentezlemeyen suşlarının test maddesine maruz bırakılmasıyla mutasyon geçirdikten sonra histidin sentezleme yeteneğini geri kazanması ve bu histidinsiz ortamda üreyebilmesi temeline dayanır. Bu ortamda üreyebilen koloniler sayılarak mutajenite belirlenir (Yüzbaşıoğlu vd., 2015:223).

1972'de Dr. B. N. Ames tarafından ilk defa yapılan bu testte, ilaç firmalarının ilaçlarını risk analizini belirlemede, pestisit, tarım ilacı, her türlü sentetik ve doğal maddelerin mutajenik ve karsijenik aktivitesinin değerlendirilmesinde, somatik hücrelerin tümör baskılayıcı genlerinde nokta mutasyonlarını saptanmasında kullanılan *in vitro* bir tekniktir (M. Arslan, 2016:72; Özkara, 2017:390).

Ames testi ile karsinojen ve karsinojen olmayan yaklaşık 300 kimyasal belirlenmiştir (McCann vd., 1975:5130). Dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğunda kullanılan bir ilaç olan Ritalin'in hammaddesi metilfenildat ames -salmonella/mikrozom yöntemiyle yapılmış ve mutajenik olmadığı ortaya çıkmıştır (Elzein vd., 2005:280). Ames (Salmonella/mikrozom) mutajenite testi ile Eber Gölü'nde TA 98 ve TA 100 suşları kullanılarak yapılan çalışmada TA 98 suşunda mutajenik etki belirlenmiştir (Ciğerci vd., 2015:70). Yine Porsuk Gölü'nün farklı noktalarından alınan sularda bu test ile TA 98 ve TA 100 suşlarıyla mutajenite incelenmiş ve iki istasyon noktasında mutajenite saptanmıştır (Kutlu vd., 2004:99).

Ames salmonella/mikrozom geri mutasyon testi kimyasal maddelerin mutajenik aktivitesinin incelenmesinde sıklıkla kullanılan, en güvenilir, uygulanması kolay ve ekonomik bir bakteriyel geri mutasyon yöntemidir (Liman, vd., 2010:1051).

2.4. Kardeş Kromatid Değişimi Testi (SCE)

Kardeş kromatid değişimi, metafaz kromozomlarında kardeş kromatitler arasında DNA segmentlerinin yer değiştirmesi olarak tanımlanır. Bu teknikte timin analogu olan 5'-bromodeoksiuridin (BrdU) kullanılır. BrdU, hücre siklusu sırasında kardeş kromatidlerin arasında girerek homolog kromozomdaki DNA parçalarının karşılıklı değişimini gösterir. Kardeş kromatid değişimi frekansındaki artış DNA hasarı oluşturabildiğinin göstergesidir (Yüzbaşıoğlu vd., 2015:184; Şekeroğlu ve Şekeroğlu, 2011:225; Ünyayar vd., 2010:410).

Özellikle mutajenlerin kromozomların yapısındaki değişiklikleri gözlemlemek için uygulanan bir tekniktir. Dr. Anthony V. Carrano tarafından XRCC1 (X-ray repair cross-complementing 1) denilen bir DNA tamir proteini ile keşfedilen SCE, kromozom kırıkları ile karakterize edilen bazı kalıtsal hastalıklarla sıklığının arttığı, mutajene ve karsinogene maruz kalan hücrelerde de rastlandığı saptanmıştır (Şekeroğlu ve Şekeroğlu, 2011:225; Wilson ve Thompson, 2007:613).

Kırım Kongo Kanamalı Ateşi hastalığında kullanılan bir ilaç olan Ribavirinin bir ay aralıklarla alınan kandan SCE ile genotoksik etkisi araştırılmış ve insanlar üzerinde kontrol gruplarına göre geri dönüşümlü bir etki yaptığı saptanmıştır (Tatar vd., 2009:239). Başka bir çalışmada 5 ile 12 yıl süreyle 9 farklı pestisite maruz kalan işçilerde ve kontrol gruplarına göre kromatid kırıklarında önemli bir artış gözlenmiştir (Rita vd., 1987:4).

Yine bu testte ilaç, pestisid, ağır metal içeren suların organizma üzerine genotoksik etkilerini araştırmak için kullanılmıştır (Rita vd., 1987:3; Wilson ve Thompson, 2007:20). SCE, mutajenik ve karsijenik ajanların genotoksik etkilerini değerlendirmede kolay, hassas, ve hızlı bir yöntemdir (Ünyayar vd., 2010:410).

2.5. Kromozomal Aberasyon Testi (CA)

Kromozomal aberasyon, kendiliğinden veya herhangi bir kimyasal ya da fiziksel ajanlara bağlı olarak kromozom yapısının ya da sayısının değişmesi olarak tanımlanır. Kromozomun yapısında kırılmalar ve yeniden düzenlenmeler meydana gelir (Carrano ve Natarajan, 1988:403). Kromozomal aberasyonların lenfositlerde artması genel olarak DNA hasarına maruz bırakılanlar için kanser riski göstergesi olarak ele alınır (Suspiro ve Prista, 2011:360).

Bu teknik kültüre alınmış periferik kan lenfositlerinin metafaz aşamasında Giemsa (G bantlama) ile boyanarak veya floresan boyalarla boyandıktan sonra floresan mikroskopta incelenerek kromozom kırıkları tespit edilir. CA, günümüzde genotoksik ajanlara maruz kalan popülasyonlarda sıklıkla kullanılan geçerli bir tekniktir (Suspiro ve Prista, 2011:361).

Genellikle kardeş kromatid değişimi tekniğiyle beraber kullanılan bu yöntemde kemik iliği hücreleri *in vivo* olarak, memeli hücre kültürlerinde *in vitro* olarak kromozomlarda görülen sayısal ve yapısal aberasyonlar saptanabilmektedir (Şekeroğlu ve Şekeroğlu, 2011:224; Zeiger, 2004:361).

Kayraldız ve ark. yaptıkları çalışmada sıçan kemik iliği hücrelerinde kromozom aberasyon testi ve diğer genotoksik testlerini de kullanarak *Aloe vera* (AV) yaprak ekstratlarında CA ile istatistiksel olarak artış gözlenmiş ve AV'nin potansiyel bir mutajen olduğunu tespit etmişlerdir (Kayraldız vd., 2010:233). Yapılan başka bir çalışmada insan lenfositlerine farklı konsantrasyonlardaki benzoik asidin etkisi hem kromozomal aberasyonla hem de diğer genetik toksisite testleriyle negatif ve pozitif kontrollerle kıyaslandığında önemli bir artış göstermiştir (Yılmaz vd., 2009:55).

Bu testin hassasiyeti kanser risklerini ispatlanmış öngörüsüne rağmen teknik olarak zahmetli ve yavaştır (Suspiro ve Prista, 2011:360).

2.6. Somatik Mutasyon ve Rekombinasyon Testi (SMART)

Bu teknik, ökaryotik bir organizma olan *Drosophila* 'nın farklı mutant suşları kullanarak çeşitli kimyasalların etkisini fenotipik olarak görülebileceği *in vivo* bir tekniktir. Heterozigotluğun kaybı esasına dayanan somatik mutasyon rekombinasyon testi, nokta mutasyonu, delesyon, translokasyon, mitotik rekombinasyon, kromozom ayrılmama ve kaybı gibi kromozom anormalliklerinin gözlemlendiği ve tek bir nesil kullanılarak yapılan, hedef genleri kolaylıkla tespit edilebilen bir testtir (Askin vd., 2010:83; Graf vd., 1984:150; Graf vd., 1998:200).

Bu metod kullanılarak yapılan birçok çalışma vardır. Örneğin, Karataş ve ark. Sodyum arsenit ve krom (III) klorürün bu organizma üzerinde eşey oranlarına ve çeşitli gelişimsel özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak bu bileşikler eşeye bağlı resesif mutasyonlar ortaya çıkmış ve her iki bileşik birlikte maruz bırakıldığında yüksek toksik etki gözlenmiştir. Eşey oranlarında sapmalar gözlenmiştir. Gelişimsel olarak ise larvaların büyümesi gerilemiş, yavru verimi azalmıştır (Karataş ve Bahçeci, 2010:98). Yapılan başka bir çalışmada, Karasu Nehri'nde yağ fabrikasından dökülen atıklardaki ağır metallerin *Drosophila* kanatlarına genotoksik etkisi araştırılmıştır. Beş ay boyunca farklı istasyonlardan alınan yüzey su örneklerinin uygulanması ile bazı mutant klonlarda sıklığı önemli bir artış göstermiştir ve burdaki

ağır metal içeren suyun genotoksik etki gösterdiği sonucuna varılmıştır (Aşkin ve Incekara, 2010:45). Başka bir çalışmada bazı pestisitlerin bilinen diğer kimyasallarla meydana getireceği genotoksik etkinin SMART ile incelenmesi araştırılmıştır. Bu pestisitlerin süre ve doza bağımlı olarak toplam mutasyon, mutasyonlu kanat sayısı kontrol grubuyla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur (Ekebaş, vd., 2000:560).

Çevre kirliliğinin çalışmalarında, atık sulardaki genotoksik etkinin saptanmasında, pestisitlerin, gıda katkı maddeleri, ilaçların mutajenik etkisinin araştırılmasında kullanılan hızlı, ekonomik ve güvenilirliği olan bir mutajenite testidir (Aşkin ve Incekara, 2010:46; Budak, 2015:88; Ekebaş vd., 2000:560; Karataş ve Bahçeci, 2010:100).

Bu testlerin dışında çok eski bir test olan Fast Halo Assay (FHA), memeli hücrelerinde DNA kırıklarının saptanmasında kullanılan bir *in vitro* test daha vardır. Piero Sestili'nin 1970'lerde ilk defa yaptığı bu testte tek hücre jel elektrofozi yönteminin elektroforez kullanılmadan yapılan ve floresan mikroskobu altında halo denilen DNA fragmentlerinin büyüklüğünün değerlendirilmesiyle yapılmaktadır. Hassas, hızlı ve basit bir yöntemdir. Bu teknik zaman içinde geliştirilerek alkali halo assay ve tek hücre jel elektroforezi gibi teknikler ortaya çıkmıştır (Sestili, 2009:515; Sestili vd., 2006:201).

SONUÇ

Genotoksisitenin daha iyi ölçülebilmesi için bazen birden fazla test kullanılabilen ya da floresan *in situ* hibridizasyon (FISH) denilen yöntemle birlikte kombine testler yapılmaktadır. Örneğin FISH - comet assay, FISH – mikronukleus assay yapılmaktadır. Araştırmalarda en çok tercih edilen metod kolaylığı nedeniyle mikronukleus testi ve tek hücre jel elektroforezidir. *In vivo* olarak tercih edilen metod ise Ames testidir. Bu testler kolaylıkla bitki hücrelerine ve memeli hücrelerine uygulanabilmektedir ancak kromozomal aberasyon (KA) çok fazla materyal kullanımı gerektirdiği için uygulanması sınırlı bir yöntemdir.

Günümüzde çevre kirliliğinin artmasıyla her gün maruz kaldığımız çeşitli kimyasalların olumsuz etkisi DNA'mızın zarar görmesine neden olmaktadır. DNA bu hasarları tamir mekanizmalarıyla onarabilmektedir ancak bu mekanizmalar üzerinde herhangi bir bozukluk olduğunda hasarları tamir edememektir. Bu şekilde tamir edilemeyen hasarlar birikerek organizmalar üzerinde kanser oluşumu ve erken yaşlanmayı tetiklemektedir. Bu nedenle, genetik toksisite testleriyle kimyasalların, organizmalardaki potansiyel etkisi önceden tahmin edilerek organizmada kalıcı hasar vermeden tespit edilebilir.

KAYNAKLAR

- Akkaya, Ç. (2018). Alzheimer hastalarında oksidatif DNA hasarı ve redoks statüsünün değerlendirilmesi; Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aksu, İ. (2018). Kaynak İşçilerinde Mesleki Maruziyete Bağlı Olası Toksik Etkilerin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Arslan M. (2016). Kas Gevşetici İlaç Cabral®(Feniramidol)'ın Mutajenik Etkisinin Ames Salmonella/Mikrozom Test Yöntemi İle Araştırılması. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 6 (2): 67-73.
- Arslan, K., Duman, F., Kanbur, M., & Akyüz, B. (2016). Kayseri İli, Pınarbaşı İlçe-sinde Doğal Olarak Yakalanan ve Yetiştiriciliği Yapılan Gökkuşluğu Alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) Genotoksosite Yönünden İncelenmesi, 8
- Askin H., Uysal H., Altun D., Ayar A. (2010). Çevresel Bir Kirletici Olan Genisteinin *Drosophila melanogaster* Üzerine Genotoksik Etkilerinin Belirlenmesi. Ekoloji 19 (75): 82-87.
- Aşkin H., Incekara Ü. (2010). The Study of the Genotoxic Effect of the Karasu River Surface Water Containing Local Fat Plant Waste Water on the *Drosophila melanogaster* Using the Wing Somatic Mutation and Recombination Test (SMART)". Ekoloji 19 (74): 45-50.
- Atkaya, H. Ç. (2014). Yeni depresyon ve/veya dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu tanısı almış erişkinlerde psikotrop ilaçların (psikostimülan, antipsikotik, antidepresan ilaçların) periferik lökositlerde erken dna hasarına etkisinin comet analizi kullanılarak incelenmesi. 148.
- Budak, F. A. (2015). *Drosophila melanogaster*'in Somatik Mutasyon ve Rekombinasyon Testi ile Deltametrin ve Permetrinin Genotoksik Aktivitesinin Bulunması. Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi 6 (1): 87-93.
- Carrano, A. V., A. T. Natarajan. (1988). Considerations for population monitoring using cytogenetic techniques. Mutation Research/Genetic Toxicology, Special Issue Human Monitoring, 204 (3): 379-406.
- Ciğerci, İ. H., Liman R., Kutlu H. M, Aydoğan G., Konuk M. (2015). Eber Gölü Ve Akarçay Suyunun Mutajenik Özelliklerinin Ames Salmonella/Mikrozom Testi İle Araştırılması. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi 7 (1): 215-23.

- Çobanoğlu H., Coşkun M., Coşkun M., Çayır A. (2017). Evaluation of genotoxic potential of pemetrexed by using in vitro alkaline comet assay. *Marmara Pharmaceutical Journal* 21 (3): 544-544.
- Çok, İ., Ulutas, O. K., Okusluk, Ö., Durmaz, E., & Demir, N. (2011). Evaluation of DNA Damage in Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) by Comet Assay for Determination of Possible Pollution in Lake Mogan (Ankara)
- Demirel, S. (2002.). Mikronükleus tekniği ve kullanım alanları, *Genel Tıp Dergisi* ;12(3):123-127.
- Dikilitaş M., Koçyiğit A. (2010). Canlılarda ‘Tek Hücre Jel Elektroforez’ Yöntemi İle DNA Hasar Analizi (Teknik Not): Comet Analiz Yöntemi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 14 (2): 77-89.
- Dinçer, Y., & Kankaya, S. (2010). DNA Hasarının Belirlenmesinde Comet Assay. *Türkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences*, 30(4), 1365–1373.
- Eastmond, D. A., & Tucker, J. D. (1989). Identification of aneuploidy-inducing agents using cytokinesis-blocked human lymphocytes and an antikinetochore antibody. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 13(1), 34–43.
- Ekebaş S., Çakır Ş., Ertuğrul O., Kence A. (2000). The Detection of Mutagenic Activity of Some Chemicals (Azamethyphos, Dichlorvos, Methyl parathion, AflatoxinB1) by SMART *Drosophila melanogaster*. *Turkish Journal Of Veterinary And Animal Sciences* 24 (6): 563-69.
- El-Sayed, Mostafa N., Aly E. M. (2014). Toxoplasma gondii infection can induce retinal DNA damage: an experimental study. *International Journal of Ophthalmology* 7 (3): 431-36.
- El-Zein, Randa A., Sherif Z. Abdel-Rahman, Matthew J. Hay, Mirtha S. Lopez, Melissa L. Bondy, Debra L. Morris, Marvin S. Legator. (2005). Cytogenetic effects in children treated with methylphenidate. *Cancer Letters* 230 (2): 284-91.
- Fairbairn, Daryl W., Peggy L. Olive, Kim L. O’Neill. (1995). The Comet Assay: A Comprehensive Review. *Mutation Research/Reviews in Genetic Toxicology* 339 (1): 37-59.
- Fenech, M. (2000). The in vitro micronucleus technique. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 455(1–2), 81–95.
- Fidancı U.R.; Ercan N., (2012). Piyodermalı köpeklerde idrarda 8-hidroksi-2’-deoksiguanozin (8-OHdG) düzeyleri. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 59(3), 163–168.

- Gebel, T., S. Kevekordes, K. Pav, R. Edenharder, H. Dunkelberg. (1997). In Vivo Genotoxicity of Selected Herbicides in the Mouse Bone-Marrow Micronucleus Test. *Archives of Toxicology* 71 (3): 193-97.
- Glei, M., T. Schneider, W. Schlörmann. (2016). Comet Assay: An Essential Tool in Toxicological Research. *Archives of Toxicology* 90 (10): 2315-36.
- Göney, G. (2016). Çevre Kirliliğinin Biyoizlenmesinde Balıklarda Genotoksisite Testleri, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 1 (2): 43-49.
- Graf U., F. E. Würigler, A. J. Katz, H. Frei, H. Juon, C. B. Hall, P. G. Kale. (1984). Somatic mutation and recombination test in *Drosophila melanogaster*. *Environmental Mutagenesis* 6 (2): 153-88.
- Graf, Ulrich, Suresh K. Abraham, Judith Guzmán-Rincón, Friedrich E. Würigler. (1998). Antigenotoxicity studies in *Drosophila melanogaster*. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* 402 (1): 203-9.
- Güner, U., & Muranli, F. D. G. (2013). Balıklarda Tek Hücre Jel Elektroforezi (Comet Assay), *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi* 3 (9): 103-14.
- Helbock, H. J., Beckman, K. B., Shigenaga, M. K., Walter, P. B., Woodall, A. A., Yeo, H. C., & Ames, B. N. (1998). DNA oxidation matters: The HPLC-electrochemical detection assay of 8-oxo-deoxyguanosine and 8-oxo-guanine. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(1), 288–293.
- Karataş A., Bahçeci Z. (2010). Sodyum arsenit ve krom (III) klorürün *Drosophila melanogaster*' in eşey oranı ve bazı gelişimsel özellikleri üzerine etkileri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi* 26 (2): 102-11.
- Kayraldiz A., Kocaman A. Y., Rencüzoğullari E., İstifli E. S.; İla H. B., Topaktaş M., Dağlioğlu Y. K. (2010). The Genotoxic and Antigenotoxic Effects of Aloe Vera Leaf Extract in Vivo and in Vitro. *Turkish Journal Of Biology* 34 (3): 235-46.
- Kutlu M., Aydoğan G., Susuz F., Özata A. (2004). The Salmonella mutagenicity of water and sediments from the Porsuk River in Turkey. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 17 (2): 111-16.
- Liman R., Akyıl D., Eren Y., Konuk M. (2010). Testing of the mutagenicity and genotoxicity of metolcarb by using both Ames/Salmonella and Allium test. *Chemosphere* 80 (9): 1056-61.
- McCann, J., E. Choi, E. Yamasaki, and B. N. Ames. (1975). Detection of Carcinogens as Mutagens in the Salmonella/Microsome Test: Assay of 300 Chemicals. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 72 (12): 5135-39.

- McKelvey-Martin, V. J., M. H. L. Green, P. Schmezer, B. L. Pool-Zobel, M. P. De Méo, A. Collins. (1993). The single cell gel electrophoresis assay (comet assay): A European review. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* 288 (1): 47-63.
- Mouchet, F., Gauthier, L., Baudrimont, M., Gonzalez, P., Mailhes, C., Ferrier, V., & Devaux, A. (2007). Comparative evaluation of the toxicity and genotoxicity of cadmium in amphibian larvae (*Xenopus laevis* and *Pleurodeles waltl*) using the comet assay and the micronucleus test. *Environmental Toxicology*, 22(4), 422–435.
- Onur, E., Tuğrul, B., & Bozyiğit, F. (2009). DNA Damage and Repair Mechanisms. *Türk Klinik Biyokimya Derg*, 7, 61–70.
- Öğüt, S., & Atay, E. (2012). Yaşlılıkta Serbest Radikaller ve Oksidatif Stres. *SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi*, 19(2), 68–74.
- Özkara, A. (2017). “Evaluation of Siperkor Pesticide Mutagenicity with Ames Test”. *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering* 17 (2): 393-98.
- Rita, P., P. P. Reddy, and S. Venkatram Reddy. (1987). Monitoring of workers occupationally exposed to pesticides in grape gardens of andhra pradesh. *Environmental Research* 44 (1): 1-5.
- Sestili P. (2009). The Fast-Halo Assay for the Assessment of DNA Damage at the Single-Cell Level. *DNA Replication*, 521:517-33.
- Sestili P., Martinelli C., Stocchi V. (2006). The fast halo assay: An improved method to quantify genomic DNA strand breakage at the single-cell level. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis* 607 (2): 205-14.
- Suspiro A., Prista J. (2011). Biomarkers of occupational exposure do anticancer agents: A minireview. *Toxicology Letters* 207 (1): 42-52.
- Şekeroğlu, Z. A., & Şekeroğlu, V. (2011). Genetik Toksikite Testleri. *Tübbav Bilim Dergisi*, 4(3), 221–229.s Test. *Environmental Toxicology* 22 (4): 422-35.
- Tatar A., Özkurt Z., Hacimüftüoğlu A., Yeşilyurt A., Vançelik S. (2009). Evaluation of Ribavirin Genotoxicity with Sister Chromatid Exchange and Micronuclei Assays in Humans. *Turkish Journal Of Medical Sciences* 39 (2): 241-46.
- Uysal A. (2006). Bazı bitki gelişim düzenleyicilerin Salmonella/mikrozom test sisteminde mutajenik etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

- Ünyayar S., Değer A. G., Çelik A., Çekiç F. Ö., Çevik S. (2010). Cadmium-Induced Antioxidant Status and Sister-Chromatid Exchanges in *Vicia faba* L.” Turkish Journal Of Biology 34 (4): 413-22.
- Wilson David M., Larry H. Thompson. (2007). Molecular mechanisms of sister-chromatid exchange. Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, Dedicated in memory of Dr. Tony Carrano, 616 (1): 11-23.
- Yazici, Z. (2012). Karasu Nehri'nde (Erzurum) Yaşayan Bazı Balık Türleri Üzerine Su Kirliliğinin Sitogenetik Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü, Erzurum.
- Yılmaz S., Ünal F., Yüzbaşıoğlu D. (2009). The in Vitro Genotoxicity of Benzoic Acid in Human Peripheral Blood Lymphocytes. Cytotechnology 60 (1): 55.
- Young, R. R. (2002). Genetic toxicology: web resources. *Toxicology*, 173(1), 103–121.
- Yüzbaşıoğlu, D., Zengin, N., & Ünal, F. (2015). Gıda Koruyucuları ve Genotoksisite Testleri. *Gıda / The Journal Of Food*, 39(3), 179–186.
- Zeiger E. (2004). History and Rationale of Genetic Toxicity Testing: An Impersonal, and Sometimes Personal, View. Environmental and Molecular Mutagenesis 44 (5): 363-71.

TEMAS MEKANİĞİ PROBLEMLERİNİN SONLU ELEMENLAR ÇÖZÜMLERİNDE TEMAS KUVVETİ VE TEMAS UZUNLUĞU İLİŞKİLERİ

Onur ARSLAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Özet: Temas mekaniği alanındaki analitik çalışma sonuçları belirli temas uzunlukları için üretilir ve bu sonuçları doğrulamak için hesaplamalı yöntemler (*sonlu elemanlar yöntemi, sınır elemanları yöntemi vb.*) kullanılır. Fakat hesaplamalı yöntemlerde belirli bir temas uzunluğu elde etmek için gereken temas kuvvetini önceden hesaplamak mümkün değildir. Dolayısıyla hesaplamalı çözümler çeşitli temas kuvvetleri için tekrarlanarak deneme yanılma yoluyla hedeflenen temas uzunluğuna ulaşılır. Sonrasında temas gerilmesi, temas kuvveti vb. sonuçlar bu temas uzunluğu için elde edilir. Bahsi geçen deneme yanılma yöntemi hem zaman alır hem de zahmetlidir. Bu çalışmada, hedeflenen temas uzunluğuna sahip çözümlere hızlı ve otomatik şekilde ulaşabilmeyi sağlayan yeni bir algoritma geliştirilmiştir. Algoritma yaygın bir sonlu elemanlar programı olan ANSYS' in programlama dili (APDL) kullanılarak, bir elastik malzeme ile bir rijit zımba arasındaki 2 boyuta indirgenmiş temas problemi için geliştirilmiştir. Üçgen ve dairesel zımba şekilleri için oluşturulan bu algoritma çeşitli elastik malzeme tiplerinde verimli şekilde çalışmaktadır. Geliştirilen algoritma sayesinde analitik çalışmaların doğrulanması pratik ve hızlı hale getirilmektedir.

Anahtar kelimeler: Temas uzunluğu algoritması, Sürtünmeli temas mekaniği problemi, Sonlu elemanlar metodu.

Relations between contact forces and contact lengths in the finite element solutions of contact mechanics problems

Abstract: The results of the analytical methods formulated for contact mechanics problems are generated for specific contact lengths, and the correctness of these results are validated through the computational methods. However, it is not possible to determine the contact forces required to reach specific contact lengths (i.e. the relationship between them are not known). Therefore, in the computational solutions, some trial and error procedure are performed to determine the contact forces required for specific contact lengths. Then the contact stresses and contact forces are computed after such an operation which is

time-consuming and tedious. In this study, a new algorithm is developed to automatically reach the computational solutions for specific contact lengths in a much shorter time. The algorithm is implemented in ANSYS Parametric Design Language (APDL) for the 2D contact mechanics problems between a rigid punch and an elastic medium. The algorithm works reliably for the triangular and circular rigid punch problems, and for any arbitrary elastic material. By means of the algorithm proposed, the validation of analytical studies can be enabled conveniently and faster.

Keywords: Contact length algorithm, Frictional contact mechanics problems, Finite element method.

1. Giriş ve Yöntem

Makine elemanları arasındaki kuvvet aktarımları bu elemanların sürtünmeli temasları ile sağlanır. Temas uzunluğunun aradaki temas kuvvetine bağlı olmadığı problemlere tam (complete) temas problemleri, bağımlı olduğu temas problemlerine ise tam olmayan (incomplete) temas problemleri adı verilir. Tam temas problemlerine örnek düz zımba problemi, tam olmayan temas problemleri için ise üçgen ve dairesel zımba problemleri örnek gösterilebilir. Tam olmayan temas mekaniği problemlerinin analitik metot sonuçları belirli temas uzunlukları için üretilir ve bu sonuçları doğrulamak için hesaplamalı yöntemler (*sonlu elemanlar metodu vb.*) kullanılır. Fakat hesaplamalı çözümlerde belirli bir temas uzunluğu elde etmek için gereken temas kuvvetini önceden hesaplamak mümkün değildir. Dolayısıyla hesaplamalı çözüm, çeşitli temas kuvvetleri için tekrarlanarak hedeflenen temas uzunluğu elde edilir ve daha sonrasında temas gerilmesi, temas kuvveti vb. sonuçlar bu çözümden alınır. Bahsi geçen yöntem hem çok zaman alır hem de zahmetlidir.

Bu çalışmada; hedeflenen bir temas uzunluğuna sahip çözümlere ulaşabilmeyi sağlayan yeni bir sonlu elemanlar algoritması geliştirilmiştir. Bu çalışmada incelenecek problemlerin geometrileri Şekil.1 de verilmektedir. Şekil.1a elastik bir ortam ile rijit dairesel bir zımba arasındaki iki boyutlu düzlem gerinimi temas problemini, Şekil. 1b ise elastik bir ortam ile rijit üçgen bir zımba arasındaki iki boyutlu düzlem gerinimi temas problemini gösterilmektedir. Burada P temas kuvvetini, Q sürtünme kuvvetini, $b-a$ temas uzunluğunu temsil etmektedir. θ üçgen zımbanın eğim açısını, R ise dairesel zımbanın yarıçapını göstermektedir. Bu problemlerde temas uzunluğu ($b-a$) temas kuvveti (P) büyüklüğüne bağlıdır. Problemlerin pratik çözümü için geliştirilen algoritma Şekil.2 de verilmiştir. Bu algoritma ANSYS programlama dili ortamında dairesel ve üçgen zımba şekilleri için oluşturulmuştur. Her elastik malzeme

tipi için çalışan bu algorithmada; $(b-a)$ ve $(b-a)'$ sırasıyla hedeflenen ve elde edilen temas uzunluklarını belirtmektedir.

2. Sonuçlar

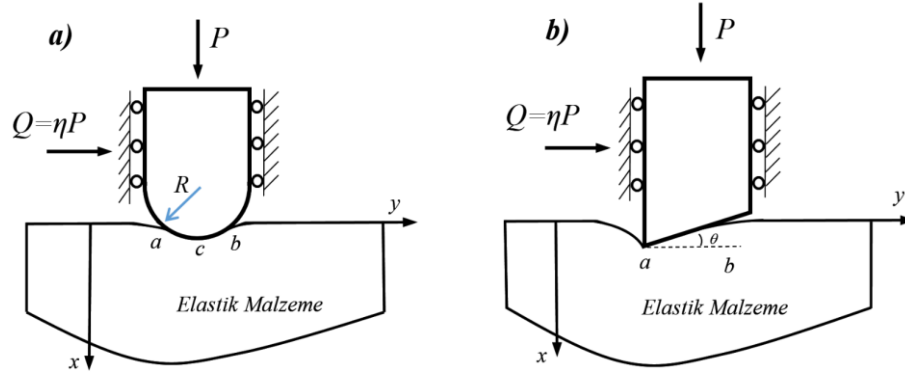
Dag (2009) tarafından yayınlanmış çalışmada üçgen rijit bir zımba ile elastik bir yarı düzlem arasındaki analitik çözüm sonuçları mevcuttur. Dag (2013) ise aynı temas problemini dairesel bir zımba ile gerçekleştirmiştir. İlk bölümde tarif edilen hesaplamalı yöntemin güvenilirliğini ortaya koymak amacıyla, bahsi geçen analitik çalışmaların sonuçları bu çalışmada üretilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Bu analizler Kolosov sabiti $\kappa = 1.8$ olan bir elastik yarı düzlem için yapılmıştır. Tüm çözümler sürtünme katsayısı $\eta = 0.3$ için düzlem gerimi varsayımı ile gerçekleştirilmiştir. Çözümlerde kullanılan sonlu elemanlar modeli ve bu model için oluşturulan sonlu elemanlar ağı Şekil.3 de görülmektedir. Bu şekilde B istenilen temas uzunluğunu belirtmektedir. Sonlu elemanlar modelinde toplam 71528 adet PLANE183 dörtgen sonlu eleman ve 270 CONTA172 temas çizgi elemanı kullanılmıştır. Üçgen rijit zımba yüzeyi için 1 adet ve dairesel zımba yüzeyi için ise 2 adet TARGE169 rijit hedef elemanı kullanılmıştır. Tüm sonlu elemanlar analizlerinde kesme modülü $38.21E9$ atanmıştır. Geliştirilen algoritmanın yakınsama davranışları Tablo.1 de üç farklı üçgen zımba eğim açısı (θ) ve 3 farklı dairesel zımba yarıçapı (R) için verilmiştir. Burada N toplam iterasyon sayısını göstermektedir. Bu tabloda görüldüğü üzere, üçgen zımba için θ değeri küçültüldüğünde ve dairesel zımba için R değeri arttırıldığında temas problemlerinin çözümleri daha az iterasyonla (daha hızlı şekilde) istenilen temas uzunluklarına yakınsamaktadır. Tablo 1 den anlaşılacağı gibi; üçgen zımba problemi $\theta = \pi/36000$ için iki iterasyonda, dairesel zımba problemi ise $R = 5000(b-a)$ yedi iterasyonda sonuç vermiştir. Bu hesaplamalı çözümlerden elde edilen normalize gerilme $\sigma_{xx}/(P/(b-a))$ değerleri literatürdeki analitik metotlardan elde edilen normalize gerilme $\sigma_{xx}/(P/(b-a))$ değerleri ile Şekil.4 de karşılaştırılmıştır. Not edilmelidir ki; dairesel zımba problemlerindeki normalize gerilmeler $\sigma_{xx}/(P/(b-a))$ dairesel zımba yarıçapından ve kesme modulünden, üçgen zımba problemlerindeki normalize gerilmeler $\sigma_{xx}/(P/(b-a))$ de üçgen zımba eğim açısından ve kesme modülünden bağımsızdır (Dag, 2009:46; Dag, 2013:224). Şekil.4 den gözlemlenebileceği gibi; analitik metot sonuçları ile bu çalışmada elde edilen sonuçlar yüksek doğrulukla uyum içindedir. Bu durum da geliştirilen algoritmanın güvenilirliğini ortaya koymaktadır. Geliştirilen algoritma sayesinde analitik çalışmaların doğrulanması ve istenilen parametrelere ait sonuçların pratik ve hızlı şekilde elde edilmesi mümkün hale getirilebilir.

Referanslar

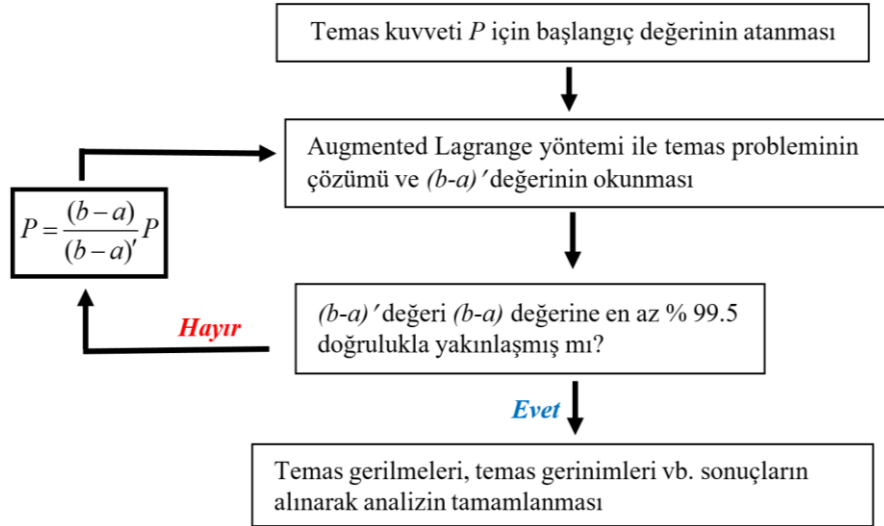
DAG, S., GULER, M.A., YILDIRIM, B., OZATAG C. (2009). "Sliding frictional contact between a rigid punch and a laterally graded elastic medium", International Journal of Solids and Structures, 2009 (46): 4038–4053.

DAG, S., GULER, M.A., YILDIRIM, B., OZATAG C. (2013) "Frictional Hertzian contact between a laterally graded elastic medium and a rigid circular stamp", Acta Mechanica, 2013 (224): 1773–1789.

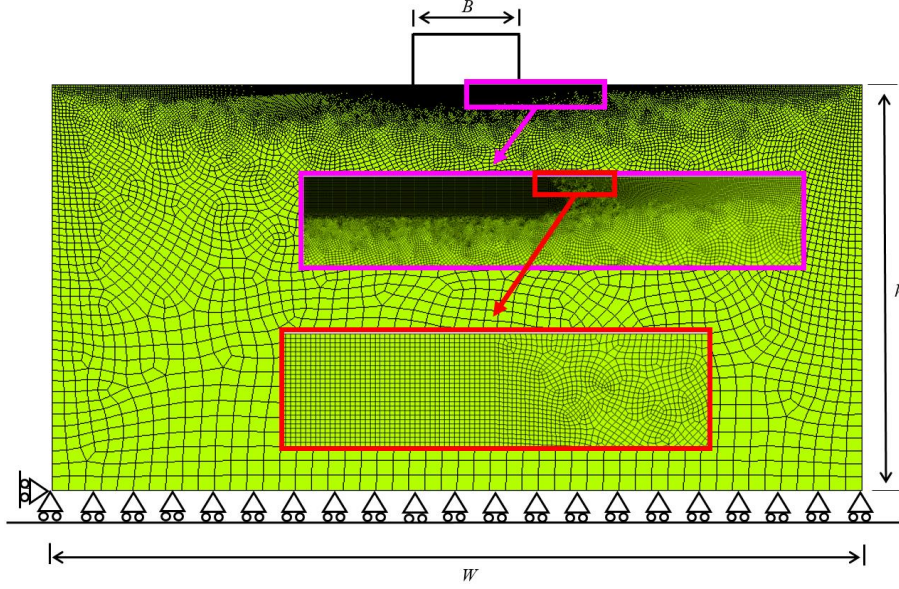
Şekil 1: Sürtünlü temas problemleri: (a) Dairesel zımba, (b) Üçgen zımba.



Şekil 2: Algoritma

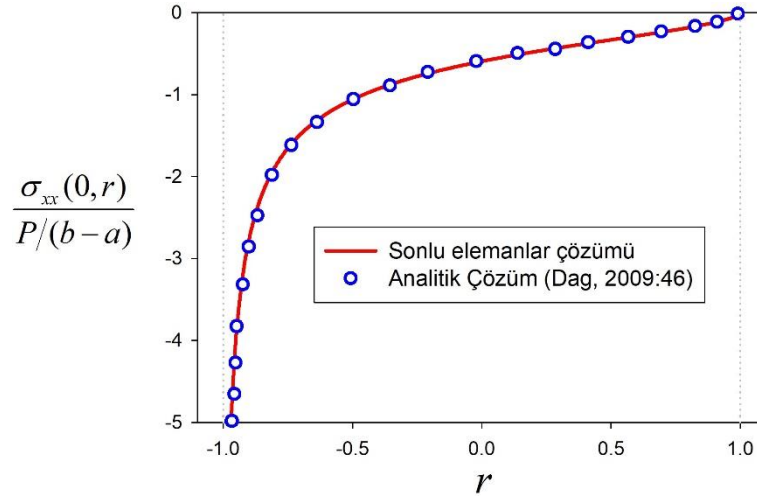


Şekil 3: Sonlu elemanlar modeli, $h/W = 0.5$, $h/B = 5.0$.

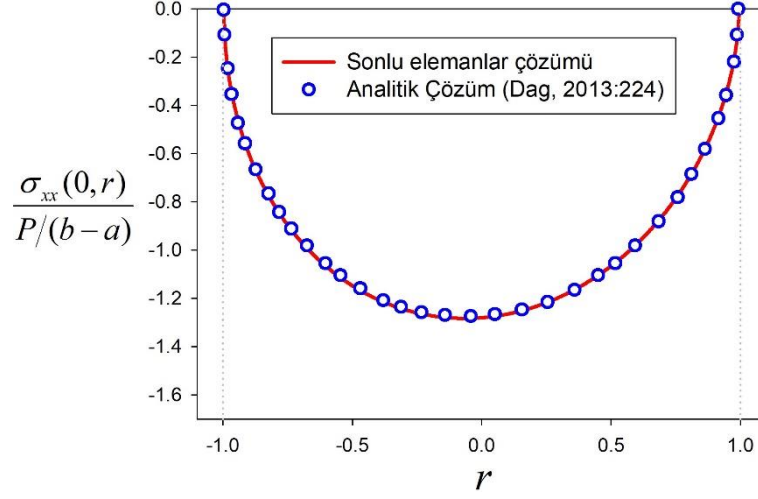


Şekil 4: Elde edilen sonlu elemanlar sonuçları ile literatürdeki analitik çalışma sonuçlarının karşılaştırılması: (a) üçgen zımba problemi; (b) dairesel zımba problemi, $\eta = 0.3$, $\kappa = 1.8$.

a)



b)



Tablo 1: Amaçlanan temas uzunluğu ($b-a$) ile elde edilen temas uzunluğu ($b-a$)' arasındaki oranın iterasyon sayısı N ile değişimi, $\eta = 0.3$, $\kappa = 1.8$.

N	$\frac{(b-a)'}{(b-a)}$					
	Üçgen zamba problemi			Dairesel zamba problemi		
	$\theta = \frac{\pi}{12000}$	$\theta = \frac{\pi}{24000}$	$\theta = \frac{\pi}{36000}$	$\frac{R}{b-a} = 1000$	$\frac{R}{b-a} = 2500$	$\frac{R}{b-a} = 5000$
1	0.099	0.198	0.300	0.339	0.532	0.750
2	1.006	1.010	1.004	0.578	0.728	0.864
3	0.999	0.999	-	0.757	0.849	0.928
4	-	-	-	0.869	0.924	0.966
5	-	-	-	0.933	0.959	0.979
6	-	-	-	0.966	0.979	0.992
7	-	-	-	0.983	0.990	0.966
8	-	-	-	0.992	0.994	-
9	-	-	-	0.992	0.996	-
10	-	-	-	0.996	-	-

BEYİN TÜMÖRÜ TESPİTİ İÇİN DİFFÜZ OPTİK TOMOGRAFİ SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Arş. Gör. Hüsamettin UYSAL

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Herman SEDEF

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Hüseyin Özgür KAZANCI

Akdeniz Üniversitesi

Özet: Diffüz optik tomografi (DOT) biyolojik doku içindeki fizyolojik değişiklikleri gözlemlemek için görünür ve yakın kızılötesi (NIR) ışık kullanan daha güvenli ve düşük maliyetli bir tıbbi görüntüleme tekniğidir. DOT, bir yüzeyden yansıyan fotonları algılayarak verileri toplar ve verileri foton taşıma modeli ile işleyerek dokunun üç boyutlu (3B) görüntüsünü oluşturur. Bu çalışmada, yedi katmanlı kafa modeli için 60 dedektör ve 40 kaynağı olan diffüz optik tomografi sistemi tasarlanmıştır. DOT, ileri ve ters problem olmak üzere iki işlem adımından oluşur. İleri problem, görünür ve kızıl ötesi ışığın emilmesini ve saçılmasını ölçerek ışığın biyolojik dokuda yayılmasını tanımlar. İleri problemde, ışık doku yüzeyine dağıtılan kaynak optodlar kullanılarak doku içine yönlendirilir ve dedektör optodlar ile tespit edilir. Simülasyon için foton taşınmasını modelleyebilen Monte Carlo (MC) yöntemi kullanılmıştır. DOT'un ters problemini çözmek için Tikhonov regülarizasyonu ve Moore-Penrose sözde-tersi kullanılmıştır. Sistemin performansı yapay veriler ve yeniden oluşturulmuş 3B görüntüler kullanılarak analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: diffüz optik tomografi (DOT); ileri yol problemi; monte carlo; tikhonov regülarizasyon; moore-penrose sözde-tersi

Development of a Diffuse Optical Tomography System to Detect Brain Tumors

Abstract: Diffuse optical tomography (DOT) is a safer and low cost medical imaging technique which uses visible and near-infrared (NIR) light to observe physiological changes interior the biological tissue. DOT collects the data by detecting the back reflected photons from a surface and construct three-dimensional (3D) image of the tissue by processing the data with model of photon transport. In this study, the diffuse optical tomography system which has

60 detectors and 40 sources is designed for seven layered head model. DOT consists of two main process which are forward problem and inverse problem. The forward problem describes the propagation of light in biological tissue by measuring absorption and scattering of visible and near-infrared light. In the forward problem, the light is guided into the tissue using source optodes distributed on the surface of it and detected using detector optodes. Monte Carlo (MC) method which is capable of modelling photon migration is used for simulation. Tikhonov regularization and Moore-Penrose pseudo-inverse are used in order to solve the inverse problem of DOT. The performance of the system are analyzed by utilizing artificial data and reconstructed 3D images.

Keywords: diffuse optical tomography (DOT); forward problem; monte carlo; tikhonov regularization; moore-penrose pseudo-inverse.

INTRODUCTION

Diffuse optical tomography (DOT) is a noninvasive technique for functional imaging of biological tissue which uses NIR or visible red light to visualize the oxygenation and other physiological properties of the tissue. The basic idea of DOT is to illuminate the tissue by light from an array of sources, and collect the transmitted light at a set of measurement locations. The spatial distribution of the optical parameters of the domain being imaged based on the properties of the measured light is obtained. DOT provides not only the structural information, but also the functional images including oxyhemoglobin, deoxyhemoglobin, lipid and water content as well as the morphological images including nucleus size and volume fraction.

The properties of the absorption, scattering and anisotropy factor (the cosine of the average scattering angle) represent three important optical properties of the tissue. Photon propagation in biological tissues is characterized by these three properties. These parameters are related to certain physiological quantities, such as the blood volume or concentration of hemoglobin (Bi, 2015).

DOT consists of two processes which are forward problem and inverse problem. The forward problem in DOT describes photon propagation in tissue and is used to determine the optical flux at the tissue boundary. The inverse problem involves in the reconstruction of tissue images using absorption, scattering coefficients and the optical flux of the tissue obtained from and surface light measurements (Maheswari, 2016).

There are many models describing the light propagation are radiative transfer equation (RTE), the diffusion equation (DA) and Monte Carlo Modeling of Light Transport (MCMLT).

It is known that the Diffusion Optical Tomography (DOT) inverse problem is exponentially ill-posed or ill-determined caused by the limited measurement data, the high scattering and high absorption properties. Ill-posedness makes the coefficient reconstruction sensitive to small perturbation from measurements, such as noise and computational error (Tang, 2017). In order to solve this problem regularization methods are used.

In this paper, we realized to simulate continuous wave (CW) diffuse optical tomography (DOT) with artificial data. Firstly, photon fluence rate distributions were generated using 2D Monte Carlo simulation. 60 detector and 40 source have been used for source-detector matches. The forward model weight functions were generated by using the 2D–3D translational algorithm which have relied on interpolation and then the weight matrix (A) was obtained. The weight matrix (A) is ill-posed and in order to solve it regularization methods is used. Tikhonov regularization and Moore-Penrose pseudo-inverse are used to solve inverse problem. The performance of the proposed algorithms are compared by utilizing artificial data and reconstructed images obtained 3D.

The paper is organized as follows: section 2 presents the Forward Model which consists 2D Monte Carlo simulation and obtaining the weight matrix. In section 3, regularization methods used to solve inverse problem are explained. The experimental results for artificial data are given in section 4. In section 5, conclusion and the findings obtained were interpreted.

FORWARD PROBLEM

In optical imaging, low-energy visible light is used to illuminate the biological tissue and it can be modelled as a photon transport. Optic imaging systems require a forward model weight matrix depend on the physical model of the imaging system.

In the forward problem, photon propagation was described. The methods which describe the light propagation in tissue are radiative transfer equation (RTE), the diffusion equation (DA) and Monte Carlo Modeling of Light Transport (MCMLT).

The Monte Carlo (MC) method which is a stochastic solver is a computational algorithm used to simulate light propagation based on repeated random sampling. The program casts uniformly distributed photons into the tissue model for each source (Chen, 2009).

In the study, seven layered head model was created by defining the optical properties such as reduced scattering (μ'_s) and absorption coefficients (μ_a) of each

layer. 2D MC simulation was performed and photon fluence rate distributions were obtained. The image of obtained photon fluence rate distributions is given Figure 1. The forward model weight matrix functions were generated by setting the source-detector geometry in Figure 2.

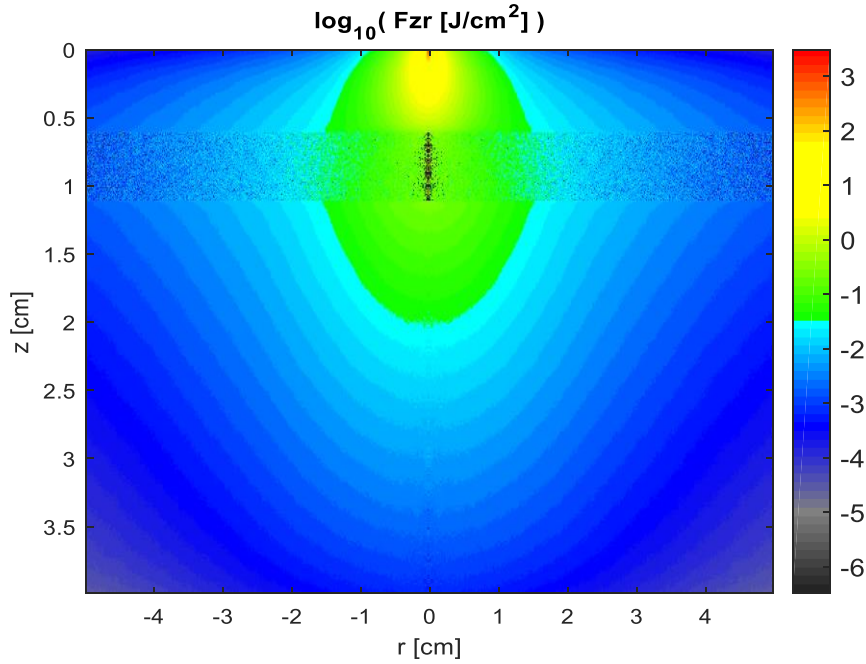


Figure 1 Photon fluence rate distributions

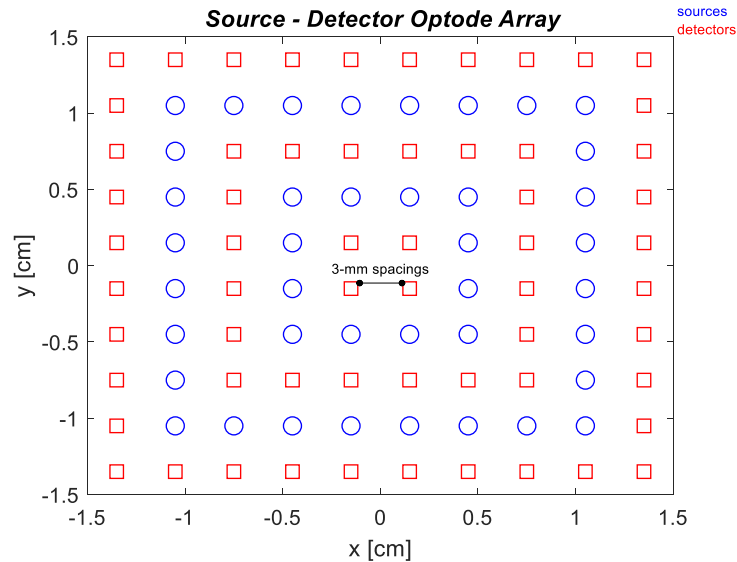
Following the forward model weight matrix functions calculated based on the photons' MC particle simulation model, the weight matrix was built by multiplying photon fluencies under each source-detector pairs in accordance with translational algorithm (Kazanci, 2014).

Head model given in Table 1 was used for seven layers, gray and white matters, skull epidermis, dermis, Cerebrospinal Fluid (CSF). g denotes the anisotropy factor for head layers.

Table 1. The optical properties of head

Media	μ_a	μ'_s	g	Thickness (cm)
Hair	20619	104875	0.9	0.01
Dermis	4136	247525	0.9	0.01
Epidermis	0.022	138.25	0.9	0.1
Skull	0.009	185644	0.9	0.5
Cerebrospinal fluid (CSF)	0.02	0.01	0.98	0.5
Grey matter	0.059	104875	0.9	0.5
White matter	0.059	104875	0.9	2.6

After generating photon fluencies for radial r , and depth z in a cylindrical coordinate system, it was converted cartesian coordinate system. Image reconstruction mesh grid coordinates are $(x, y, z) = (3 \text{ cm}, 3 \text{ cm}, 4 \text{ cm})$. Ngrid=10x10x20=2000. The photon fluencies have been transferred into three dimensional imaging geometry based on the source-detector geometry. The distance between every two closest optodes are 3 mm. In our study, each simulations 10 million photons were injected at the source location.

**Figure 2** 40 sources and 60 detectors geometry

INVERSE PROBLEM

The inverse problem involves in the reconstruction of tissue images using absorption, scattering coefficients and the optical flux of the tissue.

This problem is usually solved by minimizing the distance between the model and the measurements, and there is no unique solution and it is unstable due to insufficient operator or model.

A weight matrix has been built with the interpolation of photon fluencies which are coming from the cylindrical (r, z) MCMLT coordinate system.

$$b = Ax \quad (3.1)$$

In the inverse problem, A weight matrix can not be solved by taking the inverse of the weight matrix directly. Because the size of b is different than the size of x, which makes the A weight matrix a non-square matrix (An, 2015).

A represents the weight matrix of the weight values of each voxel in each measurement. The b, and x are the values of the measurement vector, and perturbations in the absorption coefficient shows the vectors, respectively.

$$\begin{bmatrix} A_{1,1} & \dots & A_{1,n} \\ A_{2,1} & \ddots & A_{2,n} \\ \vdots & & \vdots \\ A_{m,1} & \dots & A_{m,n} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_m \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

n: the number of voxels

m: source-detector pairs

b: $-\ln(\emptyset/\emptyset_0)$ Perturbation vector

x: Total absorption coefficients

\emptyset is the measurement taken for a homogeneous phantom, \emptyset_0 is he measurement taken when inclusion (when the diseased area is created).

The weight matrix A is ill-posed and in order to solve it regularization methods is used. In this study, Tikhonov regularization and Moore-Penrose pseudo-inverse are used to solve inverse problem.

Moore-Penrose pseudo-inverse result of matrix A

$$A^\dagger = (A^T A)^{-1} A^T \quad (3.3)$$

Least square solution $\hat{x} = A^\dagger b$ (A^\dagger denotes Moore-Penrose pseudo-inverse of A)

A denotes the weight matrix that is consist of weight of each voxel in every measurement where the scalar $\lambda \geq 0$ is the regularization parameter that controls the balance between the data fidelity and regularization terms (Bhowmik, 2016).

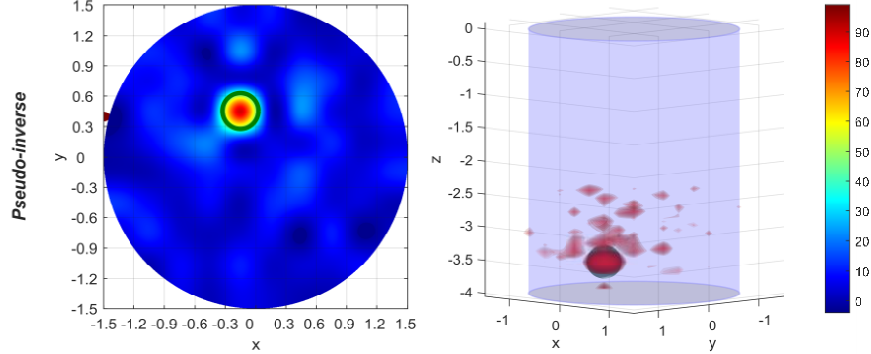
The Tikhonov minimization problem has the unique solution

$$x_\lambda = (A^T A + \lambda I)^{-1} A^T b \quad (3.4)$$

Selection of regularization parameter λ is important in order to determine the balance between data fitting and penalization (Baia, 2017). Brute Force Search method is used in order to choose λ regularization parameter.

RESULTS

In order to test the success of the DOT system an artificial data was created. Injured tissues involve high blood voxels. Diffuse light has been used to recover oxy-hemoglobin and deoxyhemoglobin. One and more inclusion put in the different tissue region in the forward problem in order to test the success of geometry and regularization methods. Tikhonov regularization and Moore-Penrose pseudo-inverse methods were used. Regularization parameter λ was selected as 1×10^{-22} .



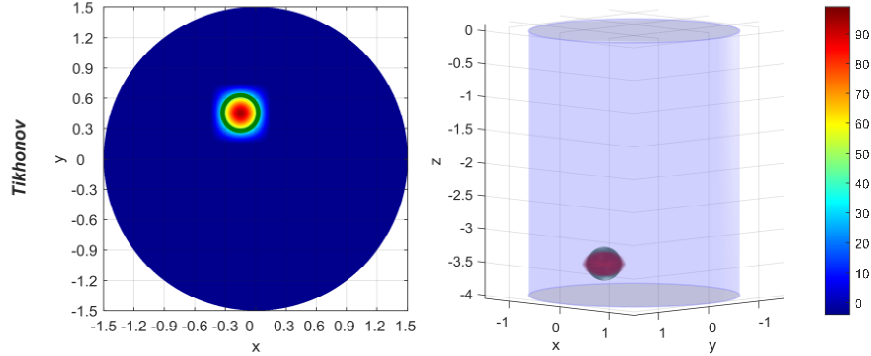


Figure 3 Reconstructed results of artificial data for different methods The first row is the reconstruction results obtained using the Pseudo-inverse method and the second row is the reconstruction results obtained using the Tikhonov regularization. The first column is 2D bottom view of the reconstructed result (x-y plane) and second column is the 3D reconstructed result (x-y-z plane). There is one inclusion and depth of the inclusion is 3.6 cm.

CONCLUSION

In this study, we have presented a diffuse optical tomography system. MC simulations, 2D–3D translational algorithm which have relied on interpolation and regularization methods for inverse problem were used. The system was tested by reconstructing images of the tissue phantoms using the artificial data. The results were obtained by Tikhonov regularization method better than Moore-Penrose pseudo-inverse method. The DOT system is safe and low cost and has the potential to be used brain imaging in medical application.

REFERENCES

- An, Y., Liu, J., Zhang, G., Ye, J., Du, Y., Mao, Y., Chi, C., and Tian, J., (2015). “A Novel Region Reconstruction Method for Fluorescence Molecular Tomography”, *IEEE Transactions On Biomedical Engineering*, Vol. 62, No. 7.
- Bi, B., Han, B., Han, W., Tang, J., and Li, B., (2015). “Image Reconstruction for Diffuse Optical Tomography Based on Radiative Transfer Equation”, *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, vol. 2015, Article ID 286161, 23 pages.
- Boas, D.A., Miller, E.L., DiMarzio, C.A., Kilmer, M., Gaudette, R.J., Quan, Z., (2001). “Imaging The Body With Diffuse Optical Tomography”. *IEEE Signal Process. Mag.* 18(6), 57–75.
- Chen, J., Venugopal, V. and Intes, X., (2009). “Diffuse optical tomography with Time-gated Perturbation Monte Carlo Method”, *Proc. of SPIE Vol. 7171*, 717113.
- Culver, J.P., Siegel, A.M., Stott, J.J., Boas, D.A., (2003). “Volumetric Diffuse Optical Tomography of Brain Activity”. *Opt. Lett.* 28(21), 2061–2063.
- Ilkka N., Tommi N., Jenni H., Timo K. ve Toivo K., (2006). “Diffuse Optical Imaging, *Advances in Electromagnetic Fields in Living Systems*”, 4:77–129.
- Kazancı, H.Ö., (2018). “Forward Problem Model Neighborhood Relations Based on the Monte Carlo (MC) Simulation Photon Fluence Distributions”. *The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering & Mathematics 4*,: 8-14.
- Kazancı, H.Ö., (2016). “Non-Contact Head Laser Tomography”, *Opt Quant Electron*, 48:330.
- Kazancı, H.Ö., (2016). “Forward Model for Cranial Laser Tomography System”, *Opt Quant Electron*, 48:395.
- Kazancı, H.Ö. and Canpolat, P., (2014). “Mathematical Method for Diffuse Optical Tomography Imaging: A Research Study”, *El-Cezerî Journal of Science and Engineering Vol: 1*, No: 3.
- Maheswari, K.U., Sathiyamoorthy, S. and Lakshmi, G., (2016). “Performance Analysis of Reconstruction Algorithms in Diffuse Optical Tomography”, *International Scholarly and Scientific Research & Innovation* 10(1).
- Tang, J., Han, B., Han, W., Bi, B., and Li, L., (2017). “Mixed Total Variation and L1 Regularization Method for Optical Tomography Based on Radiative Transfer Equation”, *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, Article ID 2953560, 15 pages.

- T. Bhowmik, H. Liu, Z. Ye, S. Oraintara, (2016). “Dimensionality Reduction Based Optimization Algorithm for Sparse 3-D Image Reconstruction in Diffuse Optical Tomography”, *Sci. Reports*, vol. 6.
- Yao, J., Tian, F., Rakvongthai, Y., Oraintara, S., and Liu, H., (2015). “Quantification and Normalization of Noise Variance With Sparsity Regularization to Enhance Diffuse Optical Tomography”, *BIOMEDICAL OPTICS EXPRESS*, Vol. 6, No. 8, 2961-2979.
- Z.-Z. Baia, A. Buccinib, K. Hayamic, L. Reicheld, J.-F. Yine and N. Zheng, (2017). “Modulus-Based Iterative Methods for Constrained Tikhonov Regularization”, *Journal of Computational and Applied Mathematics* Volume 319, Pages 1-13.

AKS KÖRÜĞÜ'NÜN MEKANİKSEL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ÇAKMAKKAYA

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Mehmet KUNT

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Özet: Plastikler günlük hayatımızda önemli bir yer tutmaktadırlar. Zaman içerisinde plastik malzeme bileşenleri alanında sağlanan gelişmelerle birlikte, güçlendirilmiş plastiklerin üstün özelliklere sahip olmaları sağlanmıştır. Bu gelişmeler plastik kompozit malzemelerin en az saf haldeki selefleri kadar kullanılmasını sağlamıştır. Ergime sıcaklıklarının diğer malzeme gruplarına göre düşük olması plastik malzemelere işlenebilirlik kolaylığı sağlamaktadır. Birçok üretim yöntemiyle plastikler ve plastik esaslı malzemeler üretilebilir. Fakat en çok kullanılan yöntemler, ısı ve basınç yardımıyla yeni malzeme üretimini sağlayan yöntemlerdir. Bu yöntemler içerisinde “ısı ile şekillendirme yöntemi” otomotiv, elektrik, elektronik, sağlık ve ambalaj sektöründe oldukça sık kullanılan bir üretim yöntemidir. Aks köprüleri malzeme olarak ısıya dayanıklı plastik malzemeden yapılır. Aks köprüğü tekerleğin dış aks kafasını sudan ve tozdan korumak için gerekli bir yedek parçadır. Aks köprüğü yırtık ya da patlak olursa aks kafası kirlenir, içine ve rulmanlarına yağlamayı bozacak yabancı ve aşındırıcı maddeler girebilir. Bu da aks kafasının daha çabuk bozulmasına neden olur. Bu çalışmada otomotiv sektöründe kullanılan bazı aks köprülerinin mekaniksel özellikleri araştırılmıştır.

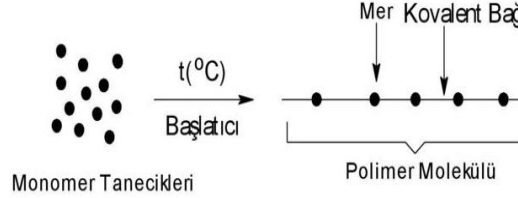
Anahtar Kelimeler: Mekanik özellikler, aks köprüleri, plastik malzemeler, polimerler.

GİRİŞ

1. Polimerler

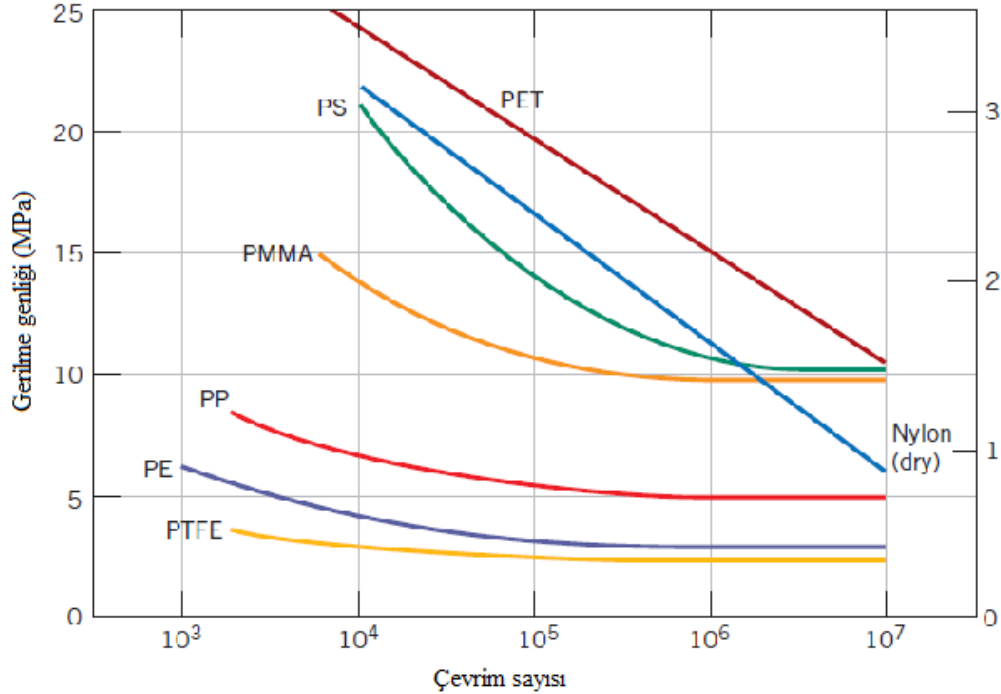
Monomerler, birbirine kovalent bağlarla bağlanarak büyük moleküller oluşturabilen küçük mol kütleli kimyasal maddelerdir. Polimer ise, çok sayıda monomerin kovalent bağlarla birbirine bağlanarak oluşturduğu iri moleküllere verilen isimdir [1]. Monomer molekülleri, Şekil 1’de basit olarak gösterilen polimerizasyon tepkimeleri üzerinden birbirlerine bağlanırlar ve polimer molekülüne dönüşürler. Bir polimer

molekülünde onlarca, yüzlerce hatta binlerce monomerden gelen birim bulunabilir [1].



Şekil 1. Monomer molekülleri polimerizasyon tepkimeleri ile birbirlerine bağlanarak iri polimer moleküllerine dönüşümü

Sentetik polimerlerin ticari boyutlarda üretimine başlanmasından önce insanlar; giyinme veya dokuma amaçlı gereksinimlerini yün, pamuk, jüt, keten türü doğal liflerden sağlamışlar, günlük hayatta kullandıkları çoğu malzemeyi ise çelik, cam, odun, taş, tuğla, çimento gibi maddelerden yapmışlardır. Daha sonraları plastik poşet, plastik tabak, sentetik kumaş, suni deri türü adlandırmaların yapıldığı bazı ürünler kullanılmaya başlanmıştır. Sözü edilen ürünler sentetik yollarla elde edilen polimerlerden yapılırlar [2]. Doğal polimerlerin değişikliği ile yarı sentetik polimerler elde edilirler. Sentetik polimerler, genellikle çok sayıda monomerin birbirine bağlanması sonucu oluşan ve ‘mer’ olarak ifade edilen, zincir halinde tekrarlanan küçük ve oldukça basit birimlerden oluşur. Sıcaklık ve basınç altında biçimlendirilen polimer malzemelerden günümüzde; fotoğraf filmi, tarak, kutu, otomobil kapı kolu, bilardo topları gibi değişik malzemeler üretilmiş, takma diş ve protez yapımında kullanılmasıyla da oldukça ön plana çıkmıştır. Polimerler; doğal, yarı-sentetik veya sentetik olup çok farklı alanlarda kullanılmaktadır [3]. Termoplastikler, zincirler arasında çapraz bağlar bulunmayan doğrusal ve dallanmış zincirli polimerlerdir. Bu özellikleri nedeniyle uygun çözücülerde çözünürler, ısıtıldıklarında erirler ve eritilerek defalarca yeniden şekillendirilebilirler. Polietilen(PE), polipropilen(PP), polivinil klorür(PVC) ve polistiren(PS) yaygın kullanılan termoplastik karakterli polimerlerden bazılarıdır. Polietilenlerden; bidon, poşet, plastik şişe ve benzeri ürünler; polipropilenden, lif, cam filmi, boru ve torpido ve benzeri ürünler, polistirenden ise ambalaj kapları, köpük ve çeşitli malzemeler yapılmaktadır [4]. Polimerler çevrimsel yüklenme şartlarında yorulma hasarına uğrayabilirler. Bu hasar aynı metallerde olduğu gibi akma dayanımının çok altında gerilme değerlerinde meydana gelir. Fakat metallerdeki kadar yaygın değildir. Şekil 2’ de oldukça yaygın kullanılan polimerlerin gerilme-çevrim sayısı değişimindeki değerler logaritmik ölçekte gösterilmiştir [7].



Şekil 2. Yaygın kullanılan polimerlerin gerilme-çevrim sayısı değerleri [7]

Termoset polimerler, ısı etkisiyle ilk defa şekillendirildikten sonra bir daha şekillendirilemeyen kalıcı bir şekle sahip olan, kimyasal yapısında yoğun çapraz bağlı moleküllerinin olduğu bir polimer türüdür. Epoksi reçinesi, poliüretanlar, bakalit, fenol-formaldehit termoset polimerlere örnektir [5]. Polimer ince tabakalar haline getirildiğinde diğer malzemelerin karşılayamayacağı özelliklerde mekanik dayanım gösterebilen malzemelerdir. Polimer filmler özellikle ambalajlama ve paketlemede kullanılırlar. Polimerik filmlerin, toplam ambalajlama malzemelerinin içerisindeki payı %40 oranına ulaşmıştır. Polietilen, film üretiminde kullanılan en önemli polimerdir ve toplam polimerik filmlerin %70 i bu polimerden yapılmaktadır [6].

2. Materyal ve Metod

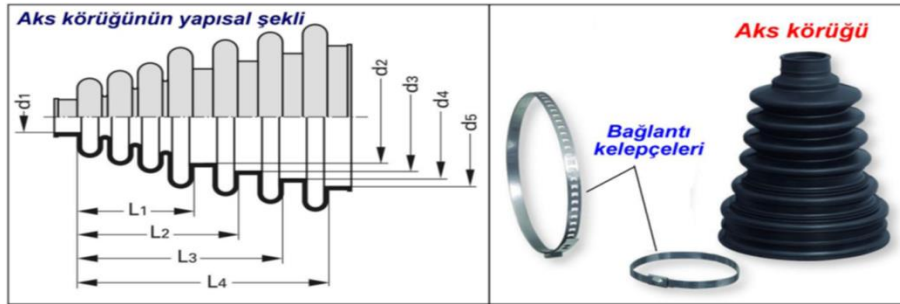
2.1Aks Körüklerinde Kullanılan Malzemeler ve Üretim Teknikleri

Aks körükleri üretim aşamaları sırası ile şu şekildedir;

- ❖ Müşteri talepleri ve OEM ürün şartlarına göre hazırlanmış gerekli testlerden onay almış hamur formülleri hazırlanır.

- ❖ Dinlendirilmiş hamurlara pişiriciler katılır.
- ❖ Üretime verilmeden önce farklı bölgelerden alınan hamur örnekleri test cihazlarında test edilir.
- ❖ Numune kalıplarında basılan test hamurlarının shore değerleri kontrol edilir.
- ❖ Uzama, kopma, yırtılma testleri yapılır. Uygun görülen hamurlar üretime verilir.
- ❖ Kalıp içerisine yerleştirilen vakum altında hazırlanmış olan hamura form verilir.
- ❖ Operatör kalıptan çıkarılan parçanın kenarlarındaki fazlalıkları temizler.
- ❖ Aks miline takılması işlemi için iskelete takılır.
- ❖ İskelet üzerindeki aks körüğünün montajı yapılır.
- ❖ Parçaların montajı bittiğinde kalite kontrolü yapılarak araç için hazır hale getirilmiş olur.

Deneyde kullanılan körüklerin standart ölçü ve resmi şekil 3’de görülmektedir.



Şekil 3. Aks Körüğü

3. Çekme Deneyi

Malzemede belirli bir şekil değiştirme meydana getirmek için uygulanması gereken kuvvetin hesaplanması ya da cisme belirli bir kuvvet uygulandığında meydana gelecek şekil değişiminin belirlenmesi mühendislikte büyük önem taşır. Şekil değiştirme ve bu şekil değiştirmeyi veren kuvvet arasındaki bağıntı, malzemenin hangi koşullarda çalışabileceğini ya da hangi koşullarda şekillendirilebileceğini belirlemektedir [7].

Polimerlerin mekanik özellikleri gerilme-birim şekil değiştirme davranışı gevrek, plastik ve elastomer davranış arasındaki bağıntıların incelenmesi bakımından en basit deney çekme deneyidir. Çekme deneyi; malzemelerin statik yük altındaki elastik ve plastik davranışlarının (mekanik özelliklerinin) belirlenmesi, mekanik davranışlarına göre sınıflandırılması ve malzeme seçimi amacıyla yapılır. Polimerlerin mekanik özellikleri, metaller için de kullanılan, elastik modülü, akma ve çekme dayanımı gibi bazı parametreler ile belirlenir. Elde edilen değerler karşılaştırılarak, malzemelerin mekanik özellikleri değerlendirilir. Metal malzemelerin çoğunda bazı mekanik özellikleri ölçbilmek için standartlarda belirlenmiş kurallar içinde çekme deneyleri yapılır [7].

Deneyde kullanılacak numune çekme deney cihazında tutucu çeneler arasına sıkıştırılır. Deney cihazındaki tutucu çenelerin sabit bir hızda birbirinden uzaklaşarak malzemeyi gerdirmesi sağlanır. Malzemenin çekilirken belirlenen sabit hız değeri, malzemenin malzemeye değişen bir değerdir. Numune gittikçe artan bir yükü kopuncaya kadar çekilir. Bu esnada uygulanan F yükü ile buna karşı malzemenin gösterdiği uzama ölçülür. Deney sonucu elde edilen yük (F) ve uzama (ΔL) değerlerinden yararlanarak (F- ΔL) diyagramı elde edilir. Bu diyagrama çekme diyagramı da denir [4].

3.1 Çekme Deney Cihazı

Çekme deneylerinde kullanılan deney cihazı AUTOGRAPH çekme deney cihazıdır. Çekme numuneleri tutucular arasına dikkatle yerleştirilmiş ve sabit çekme hızlarıyla çekme deneyleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. AUTOGRAPH Çekme deney cihazı

3.2 Deney Numunesinin Hazırlanması

Firmalara ait aks körükleri deney koşullarına uygun olması için bütün numuneler standart değerlerine göre kesilerek uygun ölçülere göre hazırlandı. Her aks körüğü için üçer numune alındı. Çekme deneyi yapacak makineye doğru değerlerin girilmesi için, tüm numuneler ayrı ayrı bağlandı ve ön gerilmeler verildi. Bu ön gerilmelere göre makine sıfırlanarak referans değerine getirildi. Ayrıca yapılacak olan testte numunelerin ölçüleri numune sayısı kadar ayrı ayrı girildi. İstenilen veriler sistem üzerinden işaretlenerek cihaza kaydedildi bu değerlere göre test başlatıldı. Şekil 5a ve 5b’de gösterilen ASTM D 792 standartlarına uygun olarak çekme deneyi numuneleri hazırlanmıştır. Bu standarda göre yapılan test sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.



Şekil 5a. Çekme deney numunesi



120x12.7x1.7

Şekil 5b. Çekme testi numune standartları

4. Deney Sonuçları

Çekme deneyi ile beraber malzemenin çekme dayanımı ve elastiklik modülü değerleri elde edilmiştir. Çekme deneyi oda sıcaklığında gerçekleştirilip, şekil değiştirme hızı 2 mm/dak olarak ayarlanmıştır. Tablo 1’de her bir numunenin deney sonuçları görülmektedir.

Tablo 1. Çekme deneyi sonuçları

Körük çeşitleri	Maksimum kuvvet	Kuvvet altındaki konumu	Maksimum Gerilme	Maksimum uzama	Kopma kuvveti	Kopma anındaki konumu	Kopma anındaki gerilme	Kopma anındaki uzama
Birimler	N	mm	N/mm ²	%	N	mm	N/mm ²	%
MKS510	82.3	117.501	3.8195	97.9172	70.3	135.97	3.25614	113.308
MKS346	86.8	100.742	4.020338	83.9517	81.9	106.177	3.79342	88.4811
ECEM855	78.9	86.1458	3.65447	71.7882	69.8	87.4657	3.23298	72.881
MKS572	106.2	77.2063	4.91894	64.3386	104.15	78.7167	4.82399	65.5972

Sonuçlar ve Tartışma

Bu deney sonuçlarına göre;

- Max. çekme kuvveti MKS572 firmasında görülmüştür.
- Kopma anındaki uzama yüzdesi en yüksek olan ürün MKS510'dur. Bundan dolayı en sünek malzeme MKS510 körüğüne aittir.
- Kopma uzama yüzdesi en düşük model MKS572 dir. Bundan dolayı en gevrek malzeme MKS572 körüğüne aittir.

Çekme deneyi sonucunda, tek eksende çekme gerilimi altında kalan malzemelerin ne gibi davranışlar sergilediği gözlemlendi. Çekme deneyinden elde edilen veriler sonucunda malzemenin birçok mekanik özellikleri (yüzde kesit daralması, elastiklik, çekme, akma dayanımı) belirlenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda kopma anındaki uzama yüzdesi değerlendirildiğinde 'MKS510' körüğünde kopma anındaki uzama miktarı diğer ürünlere göre üstün olduğu gözlemlenmiştir. 'MKS572' körüğünde ise kopma anındaki uzama yüzdesi miktarı daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda 'MKS510' körüğünün malzeme özelliği diğer ürünlere göre daha fazla elastomer özellik gösterdiği, yapısındaki kauçuğun daha fazla olması ile yorumlanabilir.

Çekme deneyinden elde edilen sonuçlarda 'MKS572' körüğünde daha yüksek değerlerde çekme gerilmesi göstermektedir. Bu veriler doğrultusunda MKS572' körük malzemesinin 'MKS510' körüğüne göre daha az uzama ve süneklik gösterdiği gözlemlenmiştir.

Kaynakça

AKKURT, Selma, Plastik Malzeme Bilgisi, *Birsen Yayınevi*, İstanbul 1991.

CALLİSTER, William D., Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, Çev: Kenan Genel, Nobel Yayınları, Ankara 2013.

DEMİR, Emrah Plazma Destekli Kimyasal Buhar Biriktirme Yöntemi İle Polimer Nano Kaplamaların Sentezi Ve Karakterizasyonu, (Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi), Konya 2015.

KARASAKAL, Ayşe Aromatik Yapı İçeren Polimerlerin Sentezi Ve Karakterizasyonu, (Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi), Konya 2015.

ÖZTÜRK, Hüseyin N-Alkylmetakrilamidin Vinil Monomerleriyle Kopolimerizasyonu Ve Bu Polimerlerin Fizikomekanik Özelliklerinin İncelenmesi, (Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi), Konya 2018.

SAVAŞÇI, Ömer T.- UYANIK, Nurseli- AKOVALI, Güneri, Plastikler ve Plastik Teknolojisi, PAGEV Yayınları, İstanbul 1999.

YÜKSEL, Mehmet- MERAN, Cemal, Malzeme Bilgisine Giriş Cilt 2, MMO, Denizli 2010.

MAG KAYNAKLI TRIP ÇELİĞİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ÇAKMAKKAYA
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Ö. Zafer ÖZÜAK
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Murat ARSLAN
Afyon Kocatepe Üniversitesi

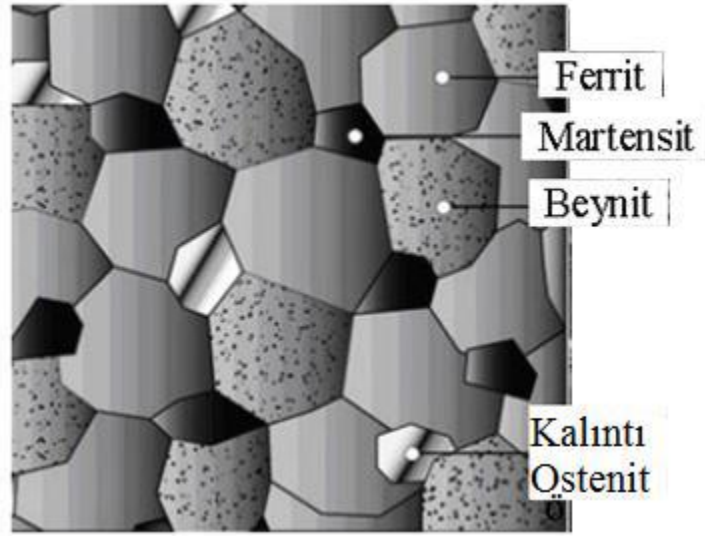
Özet: MAG yöntemi ile alın kaynaklı TRIP çelik levhaların birleştirilebilirliğini araştırmak amacıyla, mikro yapı, (füzyon bölgesi, ısıdan etkilenen bölge ve esas metal) OM aracılığıyla karakterize edildi. Esas metal ve kaynak bölgesinde oluşan mikroyapıdaki ferritik, beynitik ve martensitik yapıların değişimleri değerlendirilmiştir. Kaynaklı bağlantının mekanik özellikleri çekme testleri yapılarak dayanımı belirlenmiştir. Kaynak sonrasında oluşan artık gerilmeler değerlendirilmiştir. Kaynak sonrası yapılan analizlerde füzyon bölgesinde tane büyümesi ve martensitik alanların oluştuğu ve bu oluşumlar kaynağın mekanik özellikleri üzerinde önemli ölçüde etkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mekanik Özellikler, TRIP Çelikleri, MAG Kaynağı, OM

Abstract: The microstructure was characterized by OM (Fusion zone, heat-affected zone, and base metal) to investigate the unification of aliphatic steel plates by using MAG method. The changes of ferritic, mannitic and martensitic structures in the microstructure formed in the main metal and welding area were evaluated. Mechanical properties of welded connection were determined by performing tensile tests. Residual stresses after welding have been evaluated. After welding analysis, grain growth and martensitic areas were formed in the Fusion zone and these formations were significantly effective on the mechanical properties of the Weld.

GİRİŞ

Dönüşümle Plastikliği Arttırılmış (TRIP) çelikler otomotiv sanayisi için geliştirilmiş yüksek mukavemetli (AHSS) çeliklerin en yeni türüdür [1]. Otomotiv üreticileri otomobiller üzerinde güvenlik, emülsiyon, yakıt tüketimi performanslarını iyileştirmek için çalışmalar yapmaktadır. [2, 3]. Araştırmacılar yüksek mukavemetli çelikleri üretmek için çalışmalar yapmaktadır. Yüksek manganezli çelikler, yüksek mukavemet ve süneklığe mükemmel şekil verilebilme yeteneğine ve düşük ağırlıkları sebebi ile dikkatleri üzerine çekmektedir. Bu geliştirilmiş yüksek manganezli çelikler, Dönüşümle Plastikliği Arttırılmış (TRIP) çelikleridir [4]. Geliştirilen bu çeliklerde mikroyapı hacimce %50-60 ferrit, %20-30 beynit ve geri kalanı ise (%10-30) kalıntı ostenitten oluşmaktadır. Bu çelikleri tamamen ostenitik çeliklerden ayırabilmek için TRIP takviyeli (TRIP assisted) çelikler olarak isimlendirilmektedir. İçyapıda yer alan kalıntı ostenitin deformasyon ile martenzit fazına dönüşmesi şekillendirilebilirliği önemli ölçüde artırabilmektedir [5].



Şekil1: Trip800 ün mikro yapı incelemesi [5]

Tablo 1. TRIP 800 çeliğinin kimyasal kompozisyonu (% ağırlık.) [11]

C	Mn	Cr	Ni	Si	V	Al	Nb	Fe
0,193	2,13	0,338	0,020	0,279	0,007	0,58	0,022	96,3

Tablo 2. TRIP800 çeliğinin mekanik özellikleri [11]

Malzeme	Akma Gerilmesi (MPa)	Çekme Gerilmesi (MPa)	Uzama (%)
TRIP800	435	825	24,0

Ergiyen elektrotlarla gaz altı kaynağı fikri 1920'lerde ortaya atılmış olmakla birlikte, ticari anlamda ancak 1948' den sonra kullanılmaya başlanmıştır. Yöntem önceleri soy gaz koruması altında yüksek akım yoğunluklarında ince elektrotlarla gerçekleştirilen bir kaynak yöntemi olarak benimsenmiş ve temelde alüminyum kaynağında kullanılmıştır. Ergiyen metal elektrot ve soy gaz kullanılması nedeniyle yönleme MIG (Metal Inert Gas) kaynağı adı verilmiştir. [6] Yöntemde daha sonra düşük akım yoğunluklarıyla ve darbeli akımla çalışma, daha değişik metallere uygulama ve koruyucu gaz olarak aktif gazların (CO₂) ve gaz karışımlarının kullanılması gibi gelişmeler meydana gelmiştir. Bu gelişmeler, aktif koruyucu gazın kullanıldığı yöntem MAG (Metal Active Gas) kaynağı adının verilmesine neden olmuştur. [7]

MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada kullandığımız TRIP çeliğini giyotin makas yardımı ile 50X300mm şeklinde boyutlandırılmıştır. Bunlar farklı kaynak parametreleri ile MAG kaynak yöntemi kullanılarak alın kaynağı şeklinde birleştirilmiştir. Birleştirilmiş 100X300mm numuneler daha sonra çekme test ve penetrasyon deney numuneleri için uygun boyutlarda (30X100) giyotin makas ile dilimlenmesi için parçanın ölçüleri Şekil 2'de verilmiştir. Bu numunelere penetrasyon ve çekme testi uygulanmıştır. Elde edilen parçalardan diğer bir numuneye mikroyapı analizi için uygun boyutlara getirdikten sonra soğuk bakalite alarak optik mikroskopta mikroyapı analizi edilmiştir. Yapılan çalışmanın kaynak parametreleri Tablo '3 de verilmiştir.



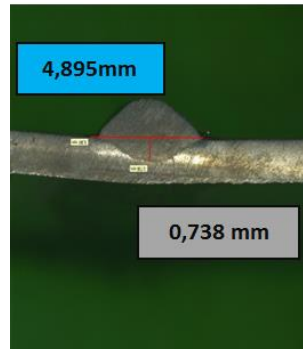
Şekil 2. Alın kaynaklı numunelerin test edilmesi için ölçülendirilmesi

Tablo 3. KAYNAK PARAMETRELERİ

Numune No	Akım(A)	Debi(L/dk)	Tel Hızı(m/dk)	Kaynak Hızı(cm/sn)
1	40	18	6	1
2	40	18	6	1,5
3	60	18	6	1
4	60	18	6	1,5
5	50	18	6	1
6	50	18	4	1,5
7	60	15	4	1
8	60	15	4	1,5
9	40	15	4	1
10	40	15	4	1,5

ALIN KAYNAKLI PARÇALARIN PENETRASYONU

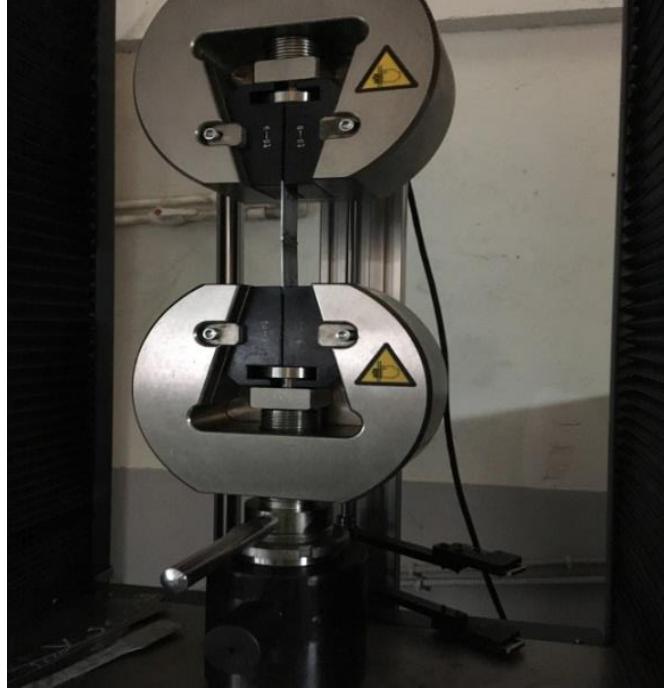
Kaynağın derinliği (diğer bir deyişle nüfuziyet) kaynak eriyiğinin, taban metale ya da kaynak sırasında ergimiş bir önceki paso yüzeyine nüfuz derinliğidir. Penetrasyonu etkileyen faktörler; akım, polarite, kaynak uygulaması, kaynak uygulaması, elektrot çeşidi, ilerleme açısı, koruyucu gaz tipi, elektrot çapı, ilerleme hızı, serbest tel boyudur [8] Penetrasyon ölçümleri şekil 3’de gösterildiği şekilde yapılmıştır.



Şekil 3. Alın kaynaklı numunelerin penetrasyon ölçümleri

KAYNAKLI NUMUNELERİN ÇEKME TESTİ

En yaygın test yöntemlerinden biri olan çekme testi, bir eksenel germe yükü uygulanırken bir numunenin davranışını belirlemek için kullanılır. Bu tür deneyler, bir malzemenin gerilme özelliklerini belirlemek için kullanılır. Bu test metaller, plastikler, elastomerler, kâğıt, kompozitler, kauçuklar, kumaşlar, yapıştırıcılar, filmler, vb. dâhil olmak üzere çeşitli malzemeler üzerinde gerçekleştirilir. Bir malzeme veya ürünün dayanabileceği maksimum yükü (gerilme mukavemeti) belirlemek için yaygın olarak kullanılır. Bu test aslında bir yüklenen kuvvet ile değişen uzunluk olarak da düşünülebilir. Tüm materyaller, bir atom topluluğundan oluşur. Elastikiyet, atomların yaylarla bağlı olduğu görüntüleme yoluyla en iyi şekilde anlaşılabilir. Malzemeyi çekerken, atomlar arasındaki yaylar uzar ve materyal uzar. Eğrinin elastik kısmı düz bir çizgidir. Düz bir çizgi, yük kaldırıldığında malzemenin orijinal şekline geri döneceğini belirtir. Yani elastik bölge içerisindeyken malzemeye uygulanan yükü kaldırırsanız, malzeme ilk haline geri döner. [9] Şekil 4’ de kaynaklı numunelerin çekme test uygulaması verilmiştir.



Şekil 4. Alın kaynaklı numunelerin çekme testi

KAYNAKLI PARÇALARDA ESAS METAL, FÜZYON VE ITAB BÖLGELERİNİN MİKRO YAPISI

Metalografi optik ve elektron mikroskopik yöntemleriyle metalik malzemelerin iç yapısını inceleyen bir bilim dalıdır. Metalografi metallerin bileşimden soğuk ve sıcak işlemlerden kaynak ve talaşlı imalat gibi işlemlerden etkilenen mikro yapılarını incelemek için uygulanır. Ayrıca korozyonun mikro yapıya etkileri, metalik kaplamaların kalınlığı ve üniformluğu, karbürizasyon ve nitrasyon gibi sertleştirme işlemlerinin mikro yapıya etkileri bu yöntemle analiz edilebilir. Hasar analizinde ve kalite kontrol çalışmaları çok etkili bir yöntemdir. Mikro Yapı Analiz tekniği malzemelerin iç yapıları hakkında detaylı bilgi sahibi olmak için uygulanır. Üçüncü faz çökmesi, aşırı tane büyümesi, tanelerin yönlenmeleri bu teknikle tespit edilebilir. Ayrıca faz sayımı, tane büyüklüğü tayini bu yöntemle yakından ilişkilidir. Bu analiz için numune ana parçadan kesilir, zımparalanır, bakalit veya reçineden bir kalıba alınır parlatılır, dağlanır ve mikro yapısı incelenir. [10] Şekil 5’de esas metal mikroyapısı görülmektedir.



Şekil 5. Esas metal mikro yapısı

DENEYSEL SONUÇLAR
Penetrasyon Ölçüm Değerleri**Tablo 4. Alın Kaynaklı Numunelerin Penetrasyon Ölçümü Değerleri**

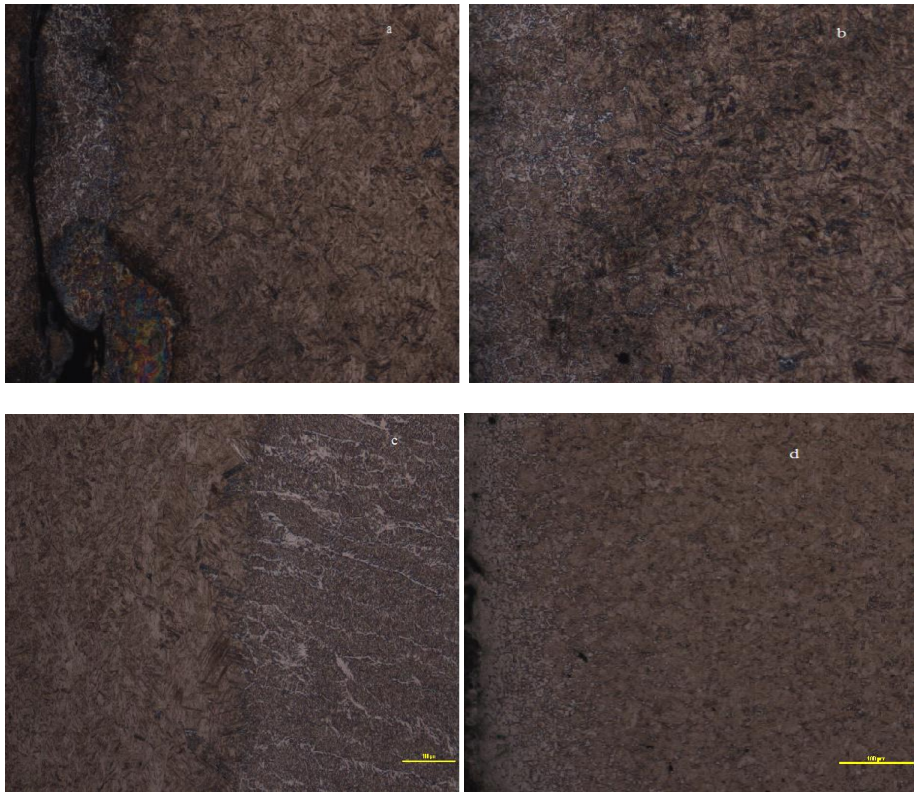
Numune No	Kaynak Boyu (mm)	Penetrasyon (mm)	Gaz boşluğu
1	4,087	0,596	Yok
2	3,915	0,582	Yok
3	4,089	0,766	Yok
4	3,998	0,653	Yok
5	5,363	0,936	Yok
6	3,452	0,482	Yok
7	4,895	0,738	Yok
8	2,858	0,384	Var
9	3,873	0,611	Yok
10	3,06	0,392	Var

Çekme Testi Değerleri**Tablo 5. Alın Kaynaklı Numunelerin Çekme Testi Değerleri**

Numune No.	Rm(Çekme Mukavemeti)(MPa)	Fm(Çekme Kuvveti)(kN)	ΔL (mm)	Kırılma
1	694	13,87	3,28	Gevrek
2	549	10,98	2,44	Gevrek
3	449	24,93	6,56	Sünek
4	618	12,37	3,87	Gevrek
5	1266	25,31	9,61	Sünek
6	499	9,972	2,92	Gevrek
7	1002	20,03	6,99	Sünek
8	102	5,088	1,66	Gevrek
9	502	10,04	2,04	Az Sünek
10	144	7,182	1,95	Gevrek

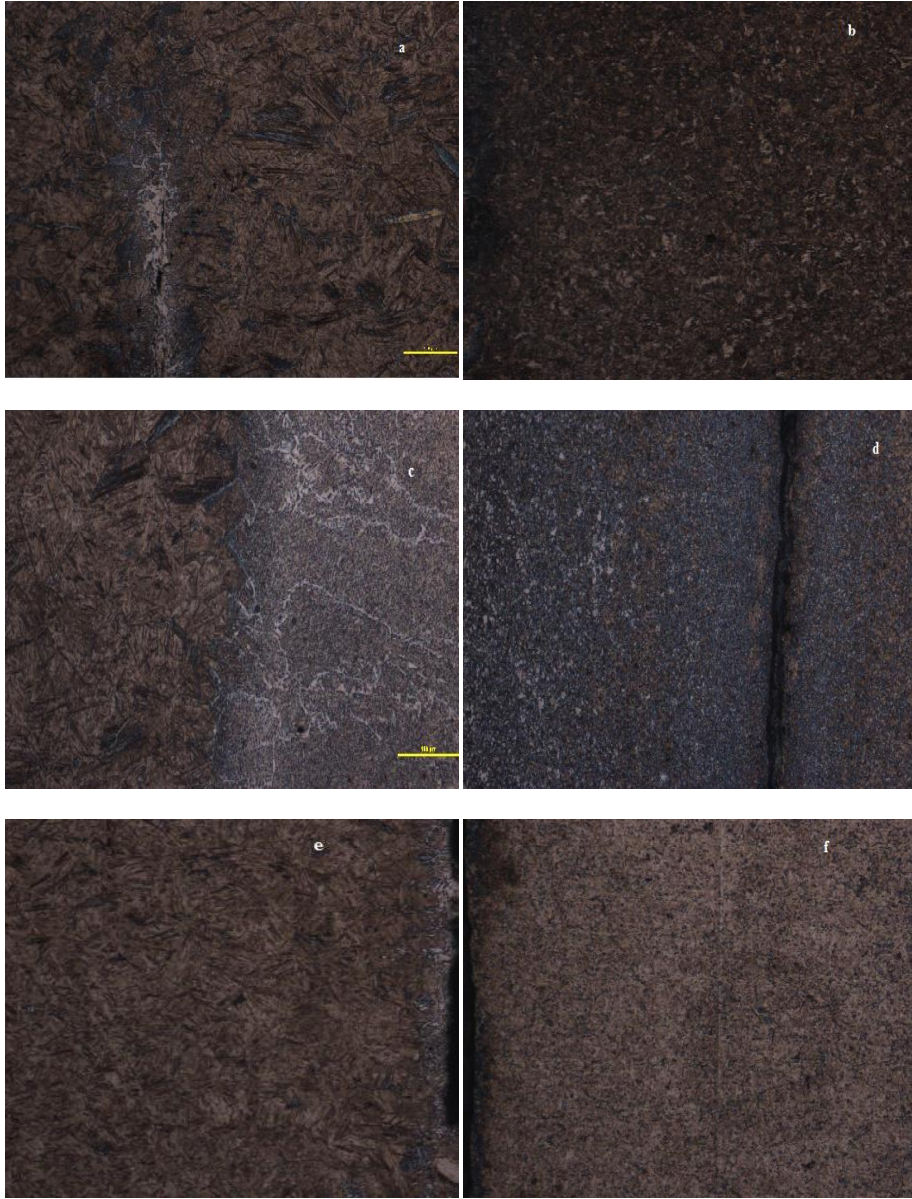
Kaynaklı Numunelerin Füzyon Bölgesi ve ITAB Bölgesi Mikro Yapı Analizi Sonuçları

Aşağıdaki şekil 6 'da Kaynak bölgesi ve ITAB bölgelerine ait sırasıyla 1.numunenin mikroyapı görüntüleri Ferrit + Martenzit (a) , 2.numunenin mikroyapı görüntüleri Ferrit + Martenzit (b), 3.numunenin mikroyapı görüntüleri Ferrit+Martenzit+Kalıntı Östenit (c) ve 4.numunenin mikroyapı görüntüleri Ferrit + Martenzit (d) olduğu düşünülmektedir.



Şekil 6. Füzyon Bölgesi ve ITAB Bölgesi Mikroyapı Görüntüleri

Aşağıdaki şekil 7 'de Kaynak bölgesi ve ITAB bölgelerine ait sırasıyla 5.numunenin mikroyapı görüntüleri Martenzit (a) , 6.numunenin mikroyapı görüntüleri Ferrit + Martenzit (b), 7.numunenin mikroyapı görüntüleri Ferrit+Kalıntı Östenit (c) ve 8.numunenin mikroyapı görüntüleri Ferrit + Beynit+Kalıntı Östenit(d) 9.numunenin mikroyapı görüntüleri Ferrit+Martenzit (a) , 10.numunenin mikroyapı görüntüleri Ferrit +Beynit+Kalıntı Östenit (b), olduğu düşünülmektedir.



SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; penetrasyon, çekme testi ve mikro yapı analizi yapılan MAG kaynaklı Trip 800 numunelerinin mekanik özellikleri ve mikroyapısı karşılaştırılıp mukavemetli, gevrek ve sünek numuneye ait MAG kaynağı parametreleri değerlendirilerek ideal parametre bulunmaya çalışılmıştır.

Tüm yaptığımız çalışmalar sonucunda elimizde bulunan sonuçlara dayanarak Tablo.3 de vermiş olduğumuz numunelere ait parametreler arasından bir sınıflandırma yapacak olursak 1,3,5,7,9 nolu numuneler 2,4,6,8,10 nolu numunelere göre mukavemetli ve sünek bir özellik göstermiştir.

- 1,3,5,7,9 nolu numuneleri kendi arasında değerlendirecek olursak; Yüksek akım, düşük kaynak hızı, yüksek debi ve yüksek tel hızına sahip olan 1,3,5,7 ve 9 nolu numunelerde penetrasyon fazla , çekme dayanımı yüksek ve Füzyon Bölgesi ve ITAB Bölgesi mikro yapısı ferrit, beynit ve kalıntı östenitten kısmen martenzite dönüşmüştür.
- En yüksek çekme dayanımına sahip olan numune 5 nolu numune olup, bunun mikro yapısı incelemesinde yapısal olarak martenzit miktarı kısmen diğerlerinden daha fazladır. 7 nolu numunede ise çekme dayanımı 5 nolu numuneye yakın olmak birlikte mikro yapısında 5 nolu numuneye göre daha az martenzit oluşmuştur. 5 nolu numune 7 nolu numuneye göre mukavemeti daha yüksektir.
- 1,3 ve 9 nolu numuneler ise kendi aralarında değerlendirildiğinde 1 nolu numune 3 nolu numuneye göre daha yüksek çekme dayanımına sahip 3 nolu numune ise 9 nolu numuneye göre daha yüksek çekme mukavemetine sahiptir. 1 ile 9 nolu numuneler karşılaştırıldığında ise aynı mekanik özelliklere sahiptirler. 1 ve 3 nolu numunelerin mikro yapısı birbirine benzerken 9 nolu numunenin ki farklıdır.
- 2,4,6,8,10 nolu numuneleri kendi arasında değerlendirecek olursak;
- Düşük akım, yüksek kaynak hızı, düşük debi ve düşük tel hızına sahip olan 2,4,6,8 ve 10 nolu numunelerde, diğer numunelere göre penetrasyon az dayanımı daha düşük, Füzyon Bölgesi ve ITAB Bölgesi mikro yapısı ferrit, beynit ve kalıntı östenitten; ferrit sabit kalırken beynit ve kalıntı östenit martenzite dönüşmüştür.
- En yüksek çekme dayanımına sahip olan numune 4 nolu numunedir, mikro yapı incelemesinde ise yapısı ferrit+martenzite dönüşmüştür. 2 nolu numunede ise çekme mukavemeti 4 nolu numuneye yakın olmakla birlikte

mikro yapısında 4 nolu numuneye göre daha az yapıda ferrit+martenzite ulaşılmıştır.4 nolu numune 2 nolu numuneye göre daha mukavemetlidir.

- 6,8 ve 10 nolu numuneler ise kendi aralarında değerlendirildiğinde 6 nolu numune 10 nolu numuneye göre daha yüksek çekme dayanımına sahip 10 nolu numune ise 8 nolu numuneye göre daha yüksek çekme mukavemetine sahiptir. 6 ile 10 nolu numuneler karşılaştırıldığında ise 6 nolu numune 10 nolu numuneye göre daha mukavemetlidir

Tüm bu sonuçlardan elde ettiğimiz verilere göre;

- 5 nolu numune 50 amper akım, 18 L/dk debi, 6m/dk tel hızı ve 1cm/sn kaynak hızına sahip olan numunemiz mekanik özellikler ve mikro yapı olarak en mukavemetli numunedir.
- 8 nolu numune 60 amper akım, 15 L/dk debi, 4 m/dk tel hızı ve 1,5 cm/sn kaynak hızına sahip olan numunemiz mekanik özellikler ve mikro yapısı gevrek olarak değerlendirilmiştir.

Kaynakça

- Hayat, F. “TRIP Çeliklerinin otomotiv endüstrisinde kullanımının incelenmesi”, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. 25(4): 701-712, (2010).
- Pal, T. K. and Chattopadhyay, K. “Resistance spot weldability and high cycle fatigue behaviour of martensitic (M190) steel sheet”, Fatigue&Fracture of Engineering Materials&Structures, 34: 46-52, (2010).
- International Iron & Steel Institute Committee on Automotive Applications, ‘Advanced High Strength Steel (AHSS) Application Guidelines’, March 2005.
- Ding, H. Song, D. Tang, Z. and Yang P. “Strain hardening behavior of a TRIP/TWIP steel with 18.8% Mn”, Material Science and Engineering A, 528: 868-873, (2011).
- Toros, S. “TRIP800 Çeliğinin şekillendirme Kabiliyetinin İncelenmesi ve Model-lenmesi ”, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 244s. (2013).
- "MIG/MAG Welding Guide for Gas Metal Arc Welding" Lincoln Electric, (1994)
- "MIG/MAG Welding Guide for Gas Metal Arc Welding" Lincoln Electric, (1994)

<https://www.askaynak.com.tr/yayinlar/bultenler/kaynak-nufuziyetini-etkileyen-degiskenler>

<https://malzemebilimi.net/cekme-testi-nedir-neden-uygulanir-nasil-yapilir.html>

<http://dce.karabuk.edu.tr/icerikGoster.aspx?K=S&id=25&BA=index.aspx>

United States Steel Corporation, “TRIP780/800 steels”, <http://www.ussteel.com>
(01.05.2014)

KARASAL ALGILAYICI AĞLARDA FARKLI ORTAM KOŞULLARI İÇİN KURAL TABANLI İLETİŞİM KARAR MEKANİZMASI

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Enes BAYRAKDAR
Düzce Üniversitesi

Özet: Karasal algılayıcı ağlar, gelecek nesil kablosuz ağlar alanında öne çıkan teknolojilerden biridir. Geleneksel kablosuz ağlardaki sabit baz istasyonu erişim mekanizmalarına karşılık, kablosuz karasal algılayıcı ağlar hem doğrudan hem de ad-hoc bir şekilde haberleşme yapabilmektedir. Baz istasyonu tabanlı iletişimde, bir algılayıcı düğüm verisini doğrudan iletirken, ad-hoc tabanlı iletişimde bir algılayıcı düğüm verisini diğer düğümler üzerinden dolaylı bir şekilde iletmektedir. Bu çalışmada, karasal algılayıcı ağlar için bulanık mantık tabanlı iletişim karar mekanizması önerilmiştir. Çıktıdaki kaliteli iletişim olasılığı; ortam kullanım yoğunluğu, ağın toplam enerjisi ve ortamdaki bozucu etki yoğunluğu giriş parametrelerine göre elde edilmektedir. Her bir giriş parametresinin çıkışa olan etkisi ayrı ayrı irdelenerek, çıkış parametresi doğru bir şekilde elde edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Algılayıcı düğüm, Bulanık mantık, Karasal algılayıcı ağ.

Giriş

Kablosuz karasal algılayıcı ağ; algılama, veri işleme ve kablosuz iletişim bileşenlerine sahip çok sayıda küçük, düşük güçlü düğümlerden oluşmaktadır (Wang ve ark. 2010). Kablosuz karasal algılayıcı ağ uygulamaları; belirli bir alan gözetimi, arızası tespiti, biyolojik tespit, takip, güvenlik, akıllı alanlar, çevresel izleme vb. geniş bir yelpazede yayın olarak kullanılmaktadır (The ve ark. 2018). Kablosuz bir algılayıcı ağdaki düğümler, ilgili bölgeye rastgele olarak ve birbirlerine yakın bir şekilde yerleştirilmektedir (Singh ve ark. 2016). Ağ yapısında, tüm algılayıcılara komut vermek ve algılayıcı düğümlerden bilgi toplamak için bir toplama istasyonu bulunmaktadır (Shen ve Ju 2011). Düğümler, algılamaya ek olarak diğer düğümlerin elde ettiği bilgileri toplama istasyonuna ulaşmak üzere iletme görevini de üstlenmektedirler (Reddy 2015).

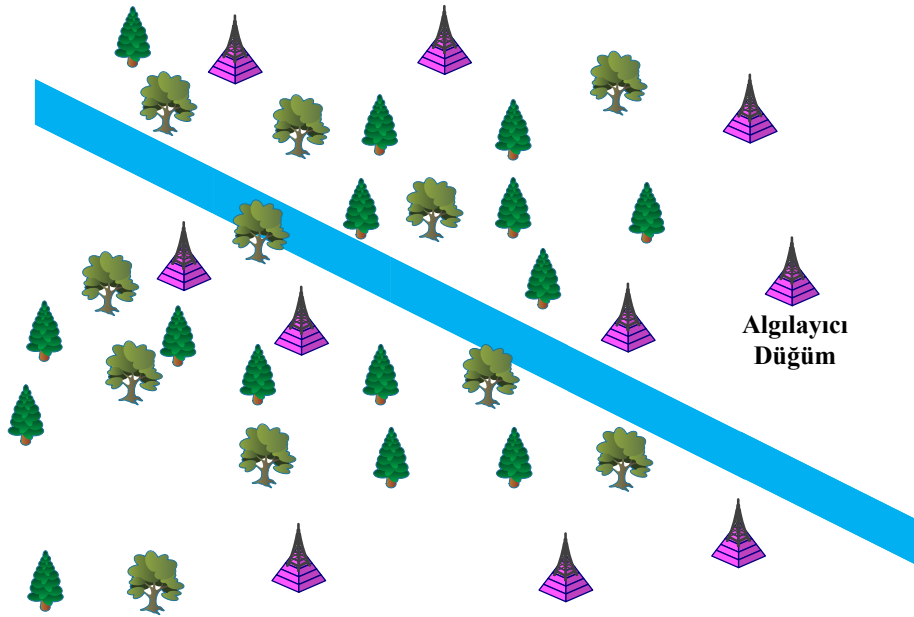
Düğümlemler bir algılayıcı ağı alanında rastgele dağıldığından, kablosuz algılayıcı ağı protokolleri veya algoritmaları kendi kendini organize etme kabiliyetine sahip olmalıdır (Rajaram ve ark. 2018). Kablosuz algılayıcı düğümler düşük güçle çalıştığı için, kablosuz algılayıcı ağı protokollerini tasarlarırken güç tüketimi üzerindeki kısıtlama önemli bir konudur (Nandha ve ark. 2013). Enerji tüketimini azaltmanın yollarından biri, bazı düğümlerin koordinatör ile iletişim kurmasına izin vermektir (Kumari ve ark. 2013). Burada önemli olan konu, koordinatör düğümü uygun bir şekilde seçerek enerji tüketimini önemli ölçüde azaltmak ve karasal algılayıcı ağı ömrünü uzatmaktır (Hussain ve ark. 2012).

Yapay zeka tabanlı yaklaşımlar, karasal kablosuz algılayıcı ağlarda karar verme işlemleri için sıklıkla kullanılmaktadır (Collotta ve ark. 2014, Bolourchi ve Uysal 2013, Ben Belghith ve Sbita 2015, Banimelhem ve ark. 2017). Yusuf ve Haider, kablosuz algılayıcı ağlarda enerji tabanlı yönlendirme için yeni ve geliştirilmiş bulanık mantık temelli bir yaklaşım sunmuşlardır (Yusuf ve Haider 2005). Alkesh ve ark., enerji tüketimini azaltmak amacıyla baz istasyonu için farklı bir hareket stratejisi önermişlerdir (Alkesh ve ark. 2011). Yaptıkları çalışmada, baz istasyonunun hareketi bulanık mantık çıkarım mekanizması tarafından yönetilmektedir. Wang ve ark.; kalan pil gücü, uyku zamanı oranı ve iletim zamanı oranını göz önüne alarak bir algılayıcı düğüm kullanım ömrünü hesaplamak için bulanık tabanlı bir benzetim sistemi önermişlerdir (Wang ve ark. 2014).

Çalışmamızda, karasal kablosuz algılayıcı ağlarda düğümlerin kaliteli iletişimi için bulanık mantık tabanlı karar mekanizması ele alınmıştır. Benzetim modelini tasarladığımız algılayıcı ağda düğümlerin hareketsiz ve sabit olduğu varsayılmıştır. Çıkıştaki kaliteli iletişim olasılığı parametresi; ortam kullanım yoğunluğu, ağın toplam enerjisi ve ortamdaki bozucu etki yoğunluğu giriş parametrelerine göre elde edilmiştir. Kaliteli iletişim olasılığı, haberleşmenin ne kadar verimli, kayıpsız ve kesintisiz yapıldığıyla ilgilidir. Ortam kullanım yoğunluğu, algılayıcı düğümlerin sezdiği verileri iletilmesi sırasında spektrumun ne kadar yoğun kullanıldığıyla ilgilidir. Ağın toplam enerjisi, ağ yapısındaki her bir düğümün ve ağın genelinde kalan enerjinin ne seviyede olduğu ile ilgilidir. Ortamdaki bozucu etki yoğunluğu parametresi ise, spektrumdaki kablosuz haberleşmenin doğal yapısı gereği; gürültü, bozulma, kırılma, sönümlenme vb. etkilere maruz kalınması ile ilgilidir. Her bir giriş parametresinin çıkışa olan etkisi ayrı ayrı incelenerek, sistemde çıkış parametresi doğru bir şekilde elde edilmektedir.

Bulanık mantık tabanlı algılayıcı ağ karar mekanizması

Önerilen sistemde giriş parametreleri; ortam kullanım yoğunluğu, ağın toplam enerjisi ve ortamdaki bozucu etki yoğunluğu olarak belirlenmiştir. Ortamdaki bozucu etki yoğunluğunu belirlemek için; gürültü, bozulma, kırılma, sönümlenme vb. etkiler göz önünde bulundurulmuştur.



Şekil 1. Kablosuz karasal algılayıcı ağ ortamı.

Şekil 1’de, benzetim modelini oluşturduğumuz kablosuz karasal algılayıcı ağ tasarımı görülmektedir. Ortamda rasgele bir şekilde dağıtılmış olan sabit ve hareket-siz algılayıcı düğümler bulunmaktadır. Algılayıcı düğümler verilerini, doğrudan ya da birbirleri üzerinden ad-hoc bir şekilde toplama istasyonuna aktarmaktadırlar.

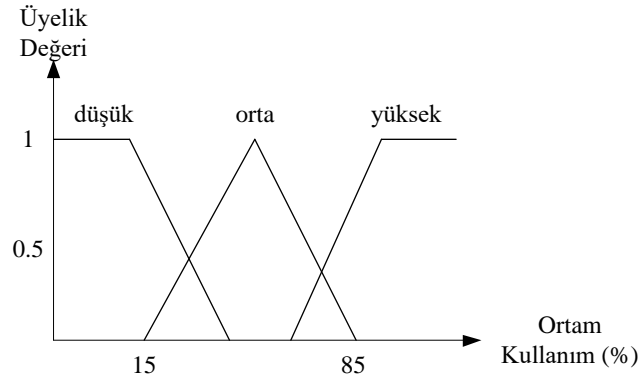
Tablo 1’de, toplamda 27 tane kuraldan oluşan kural tablosundan 3 tane örnek kural verilmiştir. Kurallardan da anlaşılacağı üzere; çıkış parametresi olan iletişim kalitesi, ağın toplam enerjisi ile doğru orantılı olmasına rağmen, ortam kullanım yoğunluğu ve ortamdaki bozucu etki yoğunluğu ile ters orantılıdır.

Tablo 1. Kural tablosundan örnekler.

If (ağın toplam enerjisi **is** düşük) **and** (ortam kullanım yoğunluğu **is** yüksek) **and** (ortamdaki bozucu etki yoğunluğu **is** yüksek) **then** (iletişim kalitesi **is** çok düşük)

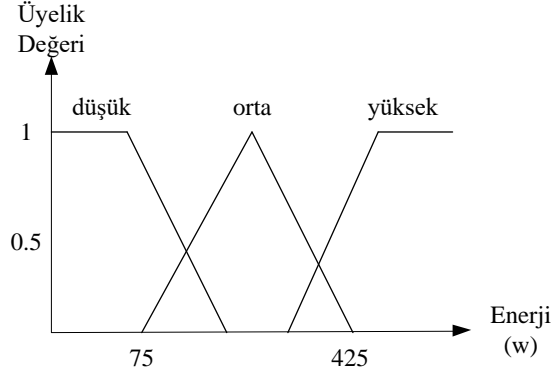
If (ağın toplam enerjisi **is** düşük) **and** (ortam kullanım yoğunluğu **is** orta) **and** (ortamdaki bozucu etki yoğunluğu **is** düşük) **then** (iletişim kalitesi **is** orta)

If (ağın toplam enerjisi **is** yüksek) **and** (ortam kullanım yoğunluğu **is** düşük) **and** (ortamdaki bozucu etki yoğunluğu **is** düşük) **then** (iletişim kalitesi **is** çok yüksek)



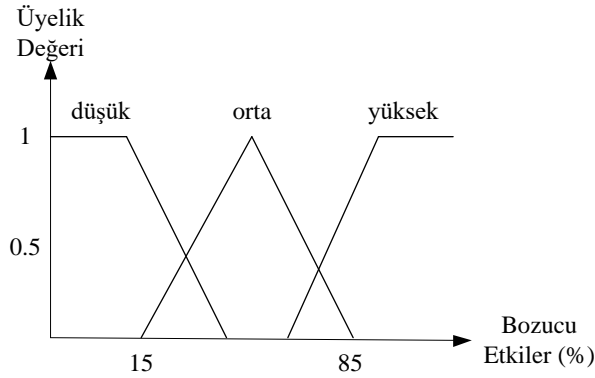
Şekil 2. Ortam kullanım yoğunluğunu gösteren üyelik fonksiyonları.

Şekil 2’de, ortam kullanım yoğunluğunun üyelik fonksiyonları görülmektedir. Kullanım yoğunluğu için; düşük, orta ve yüksek olmak üzere 3 farklı seviye belirlenmiştir. Kullanım yoğunluğu parametresi belirli bir oran değeri ifade ettiği için, birimi % olarak seçilmiştir. Orta seviyesinin sınırları 15 ve 85 olarak belirlenmiştir. Ortam kullanım yoğunluğunun yüksek olması iletişim kalitesini olumsuz etkilemektedir.



Şekil 3. Ağın toplam enerjisini gösteren üyelik fonksiyonları.

Şekil 3'te, ağın toplam enerjisinin üyelik fonksiyonları verilmiştir. Enerji için; düşük, orta ve yüksek olmak üzere 3 farklı seviye kullanılmıştır. Başlangıçta, her bir düğümün 50 w ve bütün düğümlerin toplamda 500 w enerjiye sahip olduğu varsayılmıştır. Buna göre, benzetim süresi ilerledikçe ağın kalan toplam enerjisi üzerinden iletişim kalitesi değerlendirilmiştir. Enerji parametresinin birimi w olarak seçilmiştir. Orta seviyesinin sınırları 75 ile 425 arasında olacak şekilde belirlenmiştir. Kalan enerji seviyesi belirli bir değere kadar iletişim kalitesini çok fazla etkilememekle birlikte, belirli bir değerden sonra düşük olması iletişim kalitesini olumsuz etkilemektedir.



Şekil 4. Ortamdaki bozucu etki yoğunluğunu gösteren üyelik fonksiyonları.

Şekil 4'te, ortamdaki bozucu etki yoğunluğunun üyelik fonksiyonları verilmiştir. Bozucu etkiler için; düşük, orta ve yüksek olmak üzere 3 farklı seviye

kullanılmıştır. Kullanım yoğunluğu parametresi belirli bir oran değeri ifade ettiği için, birimi % olarak seçilmiştir. Orta seviyesinin sınırları 15 ve 85 olarak belirlenmiştir. Bozucu etkiler olarak; gürültü, bozulma, kırılma, sönümlenme vb. etkiler dikkate alınmıştır. Bunların yanında, kablosuz karasal algılayıcı ağların maruz kaldığı en büyük etkilerden biri de atmosferik emilim olarak göz önünde bulundurulmuştur. Bozucu etki oranının fazla olması, iletişim kalitesini olumsuz etkilemektedir.

Başarım değerlendirilmesi

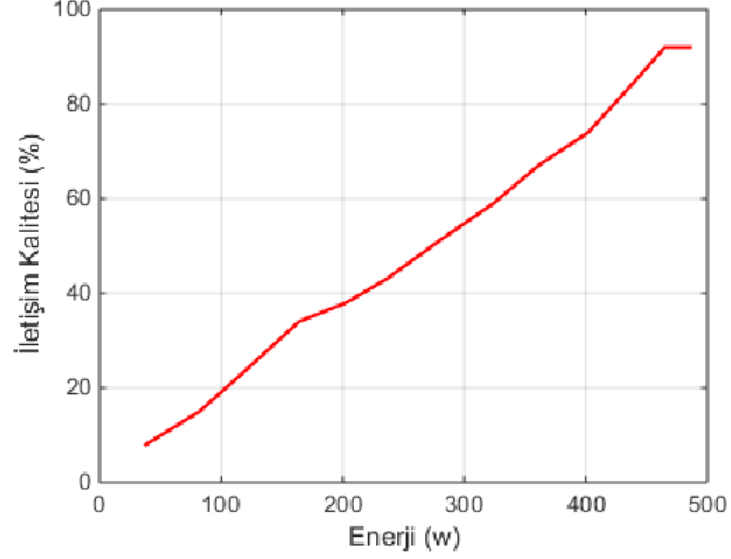
Sistemimizin başarımını değerlendirmek amacıyla, her seferinde farklı giriş parametresini sabit tutarak iletişim kalitesi oranları elde edilmiştir. Toplamda on algılayıcı düğüm ile elde edilen sonuç değerleri, daha anlaşılır bir yorumlama sağlamak amacıyla grafikler ile gösterilmiştir.

Tablo 2’de, sistemin giriş parametrelerine karşılık olarak MATLAB yazılımından elde edilen örnek sonuçlar görülmektedir. Örneğin; ortam kullanım yoğunluğu %89, ağın toplam enerjisi 34 w ve bozucu etki yoğunluğu değeri %87 iken iletişim kalitesi oranı %9 olarak elde edilmiştir.

Tablo 2. Benzetim modeli sonuçlarından örnekler.

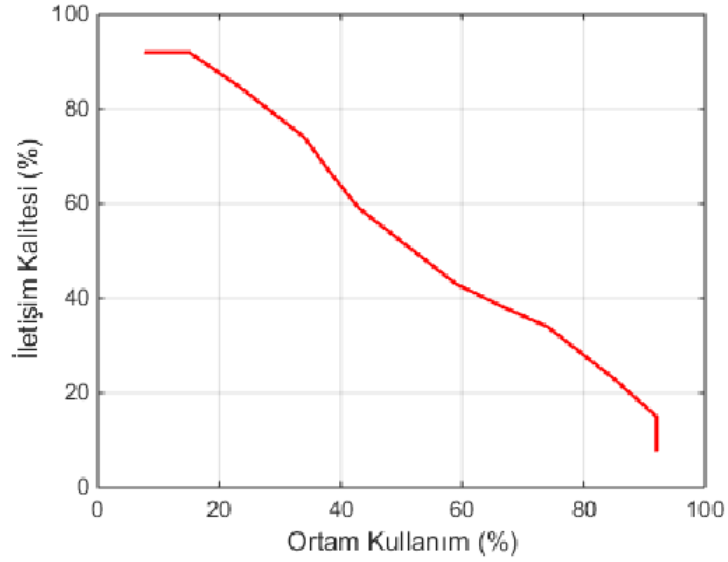
Enerji (w)	Ortam Kullanım (%)	Bozucu Etkiler (%)	İletişim Kalitesi (%)
34	89	87	9
23	47	12	48
468	6	21	92

Sistemden elde edilen benzetim sonuçlarında, birbirine çok yakın çıkan iletişim kalitesi oranı değerleri tek tek incelenerek optimize edilmiştir.



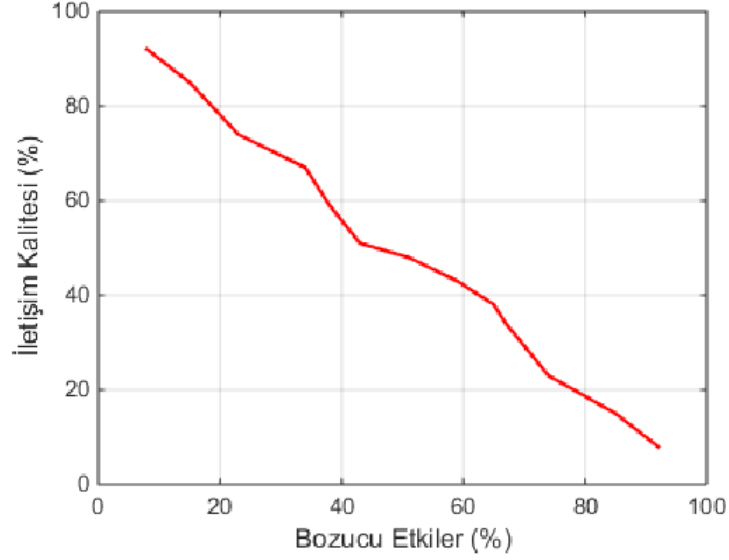
Şekil 5. Enerji parametresine göre iletişim kalitesi oranları.

Şekil 5'te, ortam kullanım ve bozucu etkiler değerleri sabit tutularak, değişen enerjiye göre, farklı iletişim kalitesi oranları elde edilmiştir. Enerji giriş parametresinin, çıkıştaki iletişim kalitesi ile doğru orantılı sonuç verdiği görülmektedir.



Şekil 6. Ortam kullanım parametresine göre iletişim kalitesi oranları.

Şekil 6’da, enerji ve bozucu etkiler sabit tutularak, değişen ortam kullanım oranlarına göre iletişim kalitesi oranları gösterilmiştir. Ortam kullanım giriş parametresinin, çıkıştaki iletişim kalitesi ile ters orantılı sonuç verdiği görülmektedir.



Şekil 7. Bozucu etkiler parametresine göre iletişim kalitesi oranları.

Şekil 7’de, enerji ve ortam kullanım parametreleri sabit tutularak, değişen bozucu etkiler parametresine göre iletişim kalitesi oranları gösterilmiştir. Bozucu etkiler giriş parametresinin, çıkıştaki iletişim kalitesi ile ters orantılı sonuç verdiği görülmektedir.

Sonuç

Yapılan çalışmada, karasal algılayıcı ağlar için çıkış parametresinin kaliteli iletişim olasılığı olduğu bulanık mantık tabanlı karar mekanizması önerilmiştir. Sistemin giriş parametreleri olarak; ortam kullanım yoğunluğu, ağın toplam enerjisi ve ortamdaki bozucu etki yoğunluğu belirlenmiştir. Her bir giriş parametresinin etkisi ayrı ayrı ele alınarak, hangi giriş parametresinin iletişim kalitesi oranını ne ölçüde etkilediği incelenmiştir. Sonuç olarak, ortam kullanım yoğunluğunun diğer giriş parametrelerinden daha baskın olduğu ve kaliteli iletişim olasılığının doğru bir şekilde saptandığı tespit edilmiştir.

Teşekkür

Değerli desteklerinden dolayı kıymetli Eşim Sümeyye ve kızım Asel'e çok teşekkür ederim. Danışman olarak bana yaptığı katkılardan dolayı Ali Hocama çok teşekkür ederim. Katkılarından dolayı; UBAK 2019 konferansının düzenlenmesinde emeği geçenlere, editörlere ve hakemlere teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Alkesh, Abhijeet. Singh, Ashutosh Kumar. Purohit, N. "A Moving Base Station Strategy Using Fuzzy Logic for Lifetime Enhancement in Wireless Sensor Network," *2011 International Conference on Communication Systems and Network Technologies*, Katra, Jammu, 2011, pp. 198-202.
- Banimelhem, Omar. Naserllah, Muhammad. Abu-Hantash, Alaa. "An efficient coverage in wireless sensor networks using fuzzy logic-based control for the mobile node movement," *2017 Advances in Wireless and Optical Communications (RTUWO)*, Riga, 2017, pp. 239-244.
- Ben Belghith, Oussama. Sbita, Lasaad. "Extending the network lifetime of wireless sensor networks using fuzzy logic," *2015 IEEE 12th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD15)*, Mahdia, 2015, pp. 1-5.
- Bolourchi, Pouya. Uysal, Sener. "Forest Fire Detection in Wireless Sensor Network Using Fuzzy Logic," *2013 Fifth International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks*, Madrid, 2013, pp. 83-87.
- Collotta, Mario. Scatà, Gianfranco. Tirrito, Salvatore. Ferrero, Renato. Rebaudengo, Maurizio. "A parallel fuzzy scheme to improve power consumption management in Wireless Sensor Networks," *Proceedings of the 2014 IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFA)*, Barcelona, 2014, pp. 1-4.
- Hussain, Ejaz. Zhang, Xiong. Chao, Li. Bugti, Sadique Ahmed. "Fuzzy based smart selection of cluster head with backup support in wireless sensor network," *2012 8th International Conference on Computing and Networking Technology (INC, ICCIS and ICMIC)*, Gueongju, 2012, pp. 235-239.
- Kumari, Priti. Singh, M. P. Kumar, Prabhat. "Survey of clustering algorithms using fuzzy logic in wireless sensor network," *2013 International Conference on Energy Efficient Technologies for Sustainability*, Nagercoil, 2013, pp. 924-928.

- Nandha, Kumar R. Varalakshmi, P. Murugan, K. Bavadhariny, B. S. “An efficient fuzzy clustering technique in Wireless Sensor Networks,” *2013 Fifth International Conference on Advanced Computing (ICoAC)*, Chennai, 2013, pp. 212-216.
- Rajaram, V. Srividhya, S. Kumaratharan, N. “Impact of Fuzzy Inference System for Improving the Network Lifetime in Wireless Sensor Networks – A Survey,” *2018 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)*, Chennai, 2018, pp. 0933-0937.
- Reddy, P. Venkata Subba. “Fuzzy conditional inference and application to Wireless Sensor Network Fuzzy Control Systems,” *2015 IEEE 12th International Conference on Networking, Sensing and Control*, Taipei, 2015, pp. 1-6.
- Shen, Yan. Ju, Hui. “Energy-Efficient Cluster-Head Selection Based on a Fuzzy Expert System in Wireless Sensor Networks,” *2011 IEEE/ACM International Conference on Green Computing and Communications*, Sichuan, 2011, pp. 110-113.
- Singh, Manjeet. Gaurav. Soni, Surender. Kumar, Vicky. “Clustering using fuzzy logic in wireless sensor networks,” *2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, New Delhi, 2016, pp. 1669-1674.
- The, Phan Thi. Manh, Vu Nhu. Hung, Tran Cong. Tam, Le Dien. “Improving network lifetime in wireless sensor network using fuzzy logic based clustering combined with mobile sink,” *2018 20th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*, Chuncheon-si Gangwon-do, Korea (South), 2018, pp. 1-1.
- Wang, Qi. Kulla, Elis. Mino, Gjergji. Barolli, Leonard. “Prediction of Sensor Lifetime in Wireless Sensor Networks Using Fuzzy Logic,” *2014 IEEE 28th International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, Victoria, BC, 2014, pp. 1127-1131.
- Wang, Rui. Gao, Yueyue. Wan, Wanggen. Mao, Shuiling. “Fuzzy information exposure paths analysis in wireless sensor networks,” *2010 International Conference on Audio, Language and Image Processing*, Shanghai, 2010, pp. 1619-1623.
- Yusuf, Mariam. Haider, Tarique. “Energy-aware fuzzy routing for wireless sensor networks,” *Proceedings of the IEEE Symposium on Emerging Technologies, 2005.*, Islamabad, 2005, pp. 63-69.

FARKLI DİZİLİME SAHİP PVC KÖPÜK TAKVİYELİ 6063-T5 AL TÜPLERİN ENERJİ ABSORBE ETME KABİLİYETİNİN İNCELENMESİ

Arş. Gör. Muhammet Muaz YALÇIN

Sakarya Üniversitesi

Prof. Dr. Kenan GENEL

Sakarya Üniversitesi

Özet: İnce cidarlı metalik tüplerin aksel kuvvetler altında sergiledikleri öngörülebilir deformasyon davranışı ve enerji absorbe etme kabiliyetleri, bu yapıların otomotiv ve havacılık sektörü başta olmak üzere birçok farklı alanda tercih edilmelerini sağlamaktadır. Buna ek olarak tüp yapıların enerji absorbe etme kabiliyetini artırmak amacıyla içeriden takviye edilmeleri halen güncelliğini korumaktadır. Bu çalışmada, 6063-T5 serisi alüminyum tüplerin üç farklı PVC köpük yoğunluğu ile (60, 80 ve 100 kg/m³) farklı modellerde takviye edilme durumu için enerji absorbe etme kabiliyeti (EAK) deneysel olarak incelenmiştir. Takviye modeli olarak tek tip yoğunluklu (TY), artan yoğunluklu (AY) ve sandviç model (SY) olacak şekilde üç farklı tasarım kullanılmıştır. Tüm numuneler değerlendirildiğinde, takviyesiz tüp yapıya göre, EAK değerlerinde %15 ile %35 arasında bir artış sağlanmıştır. En yüksek absorbe edilen enerji değeri tek tip yoğunluklu takviye modelinde, 80 kg/m³ yoğunluklu köpükle takviye edilmiş kombinasyonda elde edilmiştir. Deney sonuçlarının irdelenmesinde her bir numunenin özgül enerji absorbe etme (ÖEA) değerleri de dikkate alınmıştır. Buna göre alüminyum tüpte 25,03 J/g olan ÖEA değeri, TY takviye modelinde yaklaşık %4 artarak 26,02 J/g değerine ulaşmıştır. Ancak bazı numuneler için ÖEA değerinin düştüğü tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: PVC köpük, alüminyum tüp, özgül enerji, hafif tasarım

Investigation of the Deformation Behaviour and Energy Absorption Capability of Radially Varied Density PVC Foam Reinforced 6063-T5 Al Tube

Abstract: The predictable deformation behavior and the energy absorption capabilities of thin-walled metallic tubes under axial loading enable these structures to be preferred particularly in the automotive and aerospace sectors.

In this study, energy absorption capability (EAC) of 6063-T5 series aluminum tubes with three different PVC foam density (60, 80 and 100 kg/m³) in different models were investigated experimentally. Three different reinforcement designs have been used as uniform density (UD), functionally increasing density (FD) and sandwich model (SD). The highest increase in the EAC value in the TY reinforcement model was obtained in the 80 kg/m³ density sample. When all samples were evaluated, an increase of 15% to 35% in EAC values was obtained with respect to the non-reinforced tube structure. The highest energy increase among all reinforcement models was obtained in UD sample with medium density foam. In order to examine the test results, specific energy absorption (SEA) values of each samples were taken into consideration. Accordingly, the EEA value of 25.03 J/g in aluminum tube increased to 26.02 J/g with an increase of 4% in the UD reinforcement model. However, it has been determined that the EEA value has decreased for some samples.

Keywords: PVC foam, aluminium tube, specific energy, lightweight structures

1. GİRİŞ

İnce cidarlı metalik tüpler, enerji absorbe etme kabiliyetleri, dayanım/ağırlık oranlarının yüksek olması, tahmin edilebilir deformasyon davranışları ve düşük maliyetleri nedeniyle otomotiv ve havacılık başta olmak üzere birçok alanda sıklıkla kullanılmaktadır. Metalik tüplerin, eksenel yük altında sergiledikleri deformasyon davranışına ait ilk çalışma teorik olarak 1908 yılında gerçekleştirilmiştir (Mallock, 1908). Farklı dayanım değerlerine sahip çelik tüplerin yük altındaki dayanımları ve deformasyon davranışları, geometrik özellikleri ile katlanma modelleri arasındaki ilişkiler deneysel olarak kapsamlı olarak incelenmiştir (Robertsen, 1928). Elmas katlanma modeli için kat geometrileri ve ortalama kuvvet değerlerinin hesaplanabileceği teorik bir çalışma (Pugsley, 1960) tarafından yapılmıştır. Üzeninden geçen yaklaşık 60 yıllık süreye rağmen bu alanda yapılan çalışmalar halen güncelliğini korumaktadır.

Tüp yapıların enerji absorbe değerleri, tüp yapının dairesel (Al Galib ve Limam, 2004), kare kesitli (Zarei ve Kroger, 2008) veya konik (Ahmad vd., 2010) olmasına, geometrik büyüklükleri (Guillow vd., 2001) ve kuvvetin eksenel (Al Galib ve Limam, 2004) veya açılı (Djamaluddin vd., 2015) uygulanması ve hızı (Hsu ve Jones, 2004) ile doğrudan ilişkilidir. Tüp yapıların katlanması sırasında, tüp cidarının deformasyon öncesi durumdaki ortalama çapın içine ve dışına doğru yönlendiği bilinmektedir (Singace vd., 1995). Bu bilgi ışığında enerji absorbe değerlerinin artırılabilmesi amacıyla metalik (Santosa ve Wierzbicki, 1998) veya polimer esaslı (Kavi

vd., 2006) farklı köpük türleriyle içeriden takviye edilerek absorbe edilen enerji değerinin artırılmaya çalışıldığı çok sayıda deneysel çalışma mevcuttur. Ayrıca absorbe edilen enerji değerinin, tüp yapının ağırlığına oranı olarak ifade edilen özgül enerji absorbe etme kabiliyeti (ÖEA) de önemli bir parametre olarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, enerji artışı sağlanırken, takviye elemanlarından kaynaklanan ağırlık artışını minimize edebilmek amacıyla düşük yoğunluklu köpüklerin tercih edildiği deneysel ve nümerik çalışmalar da mevcuttur (Santosa ve Wierzbicki, 1998; Zarei ve Kroger, 2008). Bazı çalışmalarda ise tüp yapılar deformasyonun başladığı kısımdan itibaren köpük yoğunluğu değiştirilerek takviye edilmişlerdir.

Bu çalışmada alüminyum tüplerin, enerji değerleri ve özgül enerji absorbe etme kabiliyetlerinin artırılması için en verimli takviye kombinasyonu deneysel olarak belirlenmeye çalışılmıştır.

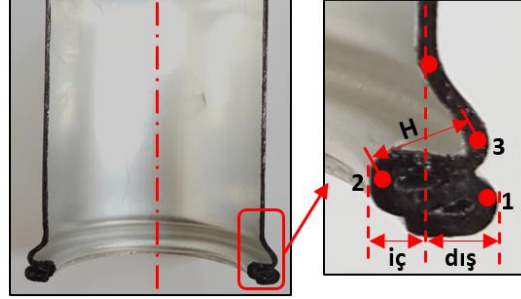
2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Metalik tüpler, eksenel yük altında kendi cidarları üzerinde katlanarak deforme olmaktadır. Sergiledikleri katlanma davranışı, geometrik ölçülerine bağlı olarak değişmektedir. Tüp yapının çap/boy ve çap/cidar kalınlığı oranları deformasyonun hangi katlanma modelinde olacağını belirlemektedir. Tüp uzunluğunun çok yüksek değerlerinde tüpler, katlanmadan burkulma davranışı sergilemektedirler. Bazı durumlarda ise simetrik başlayan katlanmanın elmas modda devam ettiği görülmektedir.

2.1. Alüminyum tüpün deformasyonu

Deneysel çalışmalarda kullanılan tüp yapı geometrik ölçüleri açısından ($L/D=1,72$ ve $D/t=38,7$) simetrik katlanma göstermektedir. Şekil 1'de bir tam kat oluşmuş numunenin boyuna kesit görüntüsü verilmiştir. Kesit incelendiğinde bir katın, 1-2 ve 2-3 uzunluklarından oluşan iki yarım kat (H) uzunluğundan meydana geldiği ve bu katların ortalama çapın içine ve dışına doğru yönlendikleri anlaşılmaktadır. Simetrik katlanma modelinde, tüp cidarının içeri yönelme oranı literatürle uygun şekilde (Singace vd., 1995), kat boyunun yaklaşık %35'i olarak deneysel olarak elde edilmiştir. Bu durum tüp yapının içeriden takviye edilmesinde, tüp ile takviye elemanı arasındaki ortaya çıkacak etkileşimi ve bu durumun absorbe edilen enerji değerine olumlu katkısının olacağını göstermektedir.

Şekil 1. Eksenel yük altındaki alüminyum tüpte katlanma oluşumu



2.2. Malzeme özellikleri ve numune hazırlanması

6063-T5 alüminyum tüp yapının mekanik özellikleri, ASTM standartlarına göre hazırlanan çekme numunelerinin Instron marka cihazda test edilmesiyle elde edilmiştir. Deneysel çalışmada kullanılan alüminyum tüplerin elastiklik modülü $E=69$ GPa, akma dayanımı $\sigma_{ak}=188$ MPa, çekme dayanımı $\sigma_{\varphi}=212$ MPa olarak bulunmuştur. Poisson oranı $\nu=0,33$ ve yoğunluk $\rho=2,7$ g/cm³ değerlerindedir.

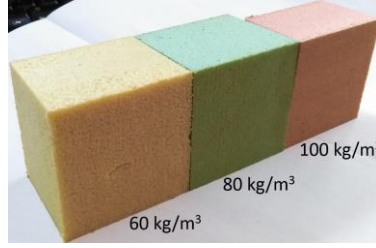
Deneysel çalışmalarda kullanılan tüpler sırasıyla, $D=58$ mm, $t=1,5$ mm ve $L=100$ mm boyutlarındadır. Tüplerde deney esnasında katlanan bölgelerde çatlama olmaması için sertlik değeri yaklaşık 12 Webster olarak belirlenmiş ve tüm tüplerin sertliklerinin bu değerde olmasına özen gösterilmiştir. Alüminyum boruların cidar kalınlıklarının tüm kesitte homojen olmaması deney sonuçlarının geniş aralığa yayılmasına yol açmaktadır. Cidar kalınlığında homojenlik sağlanması amacıyla, tüplerin içinden ve dışından CNC dik işleme merkezi kullanılarak talaş kaldırılmıştır (Şekil 2).

Şekil 2. Alüminyum tüplerin hazırlanma süreci

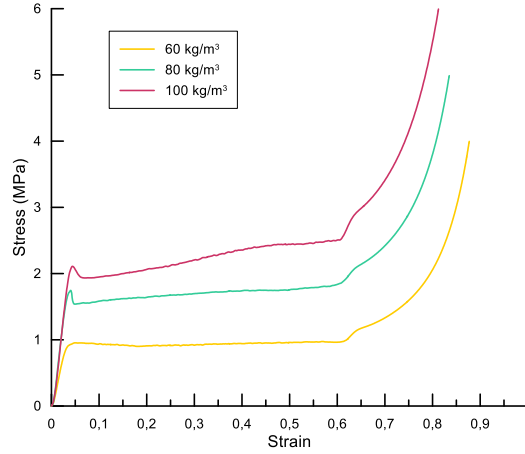


Alüminyum tüplerin içeriden takviye edilmesinde kullanılan PVC köpükler üç farklı yoğunluğa (60 kg/m^3 , 80 kg/m^3 ve 100 kg/m^3) sahiptir. Şekil 3’de farklı yoğunluklardaki PVC köpüklerden basma deneyi için çıkarılan numuneler verilmiştir. Bu numunelerle yapılan basma deneylerine ait gerilme-birim şekil değişimi eğrileri Şekil 4’te verilmiştir.

Şekil 3. Farklı yoğunluklara sahip PVC köpük basma numuneleri



Şekil 4. Farklı yoğunlukta PVC köpüklerin basma deney verileri



2.3. Köpük takviye modelleri

Alüminyum tüpler, içeriden PVC köpükler kullanılarak takviye edilmişlerdir. PVC köpüklerin plaka kalınlıklarının 50 mm ile sınırlı olması nedeniyle tüm numune kombinasyonlarında üç silindirik tabaka kullanılmıştır. Tabakaların toplam yüksekliği tüp uzunluğuyla eşittir. Silindirik köpüklerin (üç tabaka) eksenel doğrultudaki yoğunluk dizilimleri değiştirilerek takviye modelleri, köpük tabaka kalınlıklarının değiştirilmesiyle de numune kombinasyonları oluşturulmuştur. Her bir kombinasyonda orta köpük tabaka kalınlığı 30 mm olacak şekilde sabit tutulmuş, üst ve alt

tabaka kalınlıkları değiştirilmiştir. Bunun neticesinde 7 adet numune kombinasyonu elde edilmiştir. Takviye modelleri aşağıda verilmiştir;

- 1- Sadece tek tip yoğunluklu köpükle (TY),
- 2- Yoğunluğun düşük, orta ve yüksek şeklinde sıralandığı artan yoğunluklu köpükle (AY),
- 3- Üst ve alt tabakaların aynı, orta tabakanın farklı yoğunlukta olduğu sandviç yapılı köpükle (SY).

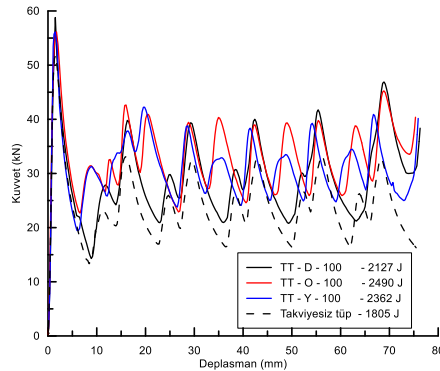
2.4. Deney düzeneği

Takviyesiz ve takviyeli tüp yapıların aksenal ezilme deneyleri 250 kN kapasiteli hidrolik pres kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kuvvet-deplasman çiftine ait veriler deneylerle eş zamanlı olarak 6 veri/s sıklıkla kaydedilmektedir. Deneylerde ilerleme hızı 1 mm/s olarak belirlenmiştir.

3. SONUÇLAR ve TARTIşMA

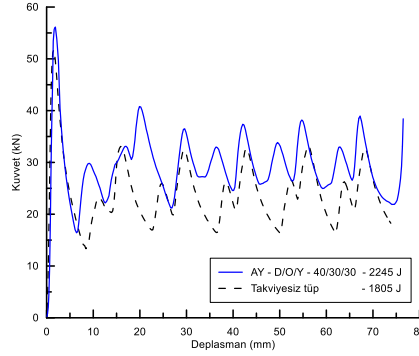
Deney sonuçlarının tekrarlanabilirliği açısından her numune kombinasyonu için en az üç adet deney yapılmıştır. şekil 7’de alüminyum tüplerin, üç farklı PVC köpük (60, 80 ve 100 kg/m³) kullanılarak, tek tip yoğunluklu (TY) takviye edilmiş durumlarına ait kuvvet-deplasman eğrileri verilmiştir. Köpük yoğunluğu ile birlikte ilk pik kuvvet değerinde bir miktar artış olduğu gözlenmektedir. Köpük ikamesinin, takviyesiz duruma göre absorbe edilen enerji değerlerini artırdığı görülmektedir. Takviyesiz tüp yapıda 1805 J olan bu değer, düşük yoğunluklu köpük takviyesiyle %17 artmıştır. Absorbe edilen en yüksek enerji değeri takviyesiz tüpe göre yaklaşık %38 daha yüksek olarak orta yoğunluklu köpük takviyesinde 2490 J olarak elde edilmiştir.

şekil 7. TY takviyeli numunelerin kuvvet-deplasman eğrileri



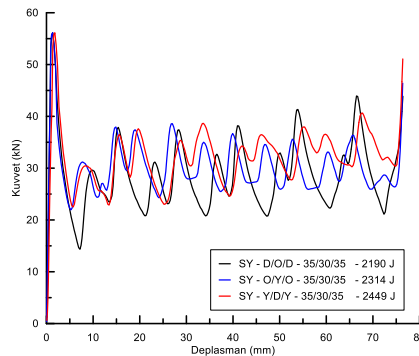
Köpük tabaka yoğunluklarının yukarıdan aşağıya doğru arttığı, artan yoğunluklu (AY) takviyeli numunelerin kuvvet-deplasman eğrileri Şekil 8’de verilmiştir. Üç farklı köpük yoğunluğunun bulunduğu takviye modelinde düşük, orta ve yüksek yoğunluklardaki tabaka kalınlıkları sırasıyla 40 mm, 30 mm ve 30 mm şeklindedir. Alt ve üst kuvvet değerleri arasındaki fark, tek tip yoğunluklu takviye modeline göre daha az olduğu görülmektedir. Absorbe edilen enerji değeri takviyesiz yapıya göre yaklaşık %25 daha yüksek olmuştur.

Şekil 8. AY takviyeli numunelerin kuvvet-deplasman eğrisi



Köpük yoğunluk diziliminin, alt ve üst tabakalarda aynı, ara tabakada ise farklı şekilde olduğu sandviç yapılı (SY) numunelerin aksenal ezilme neticesinde elde edilen kuvvet-deplasman eğrileri Şekil 9’da verilmiştir. Alt ve üst tabakalarda sırasıyla düşük, orta ve yüksek yoğunluklu köpükler kullanılmış, orta tabaka kalınlığı AY modele benzer olarak 30 mm şeklinde sabit tutulmuştur. Bu takviye modelinde absorbe edilen en yüksek enerji değeri üst ve alt tabakalarda yüksek, orta tabakada düşük yoğunluklu köpüğün kullanıldığı kombinasyonda elde edilmiştir. Ancak bu değer TY numunelerde orta yoğunlukla takviye edilen numune kadar yüksek olmamıştır.

Şekil 9. SY takviyeli numunelerin kuvvet-deplasman eğrileri



SY modelde en yüksek enerji değerini veren model, alt ve üstte yüksek yoğunluklu orta tabakada ise düşük yoğunluklu köpüğün kullanıldığı durumda elde edilmiştir. Tablo 1’de 58 mm çaplı ($t=1,5$ mm) tüpe içeriden sabit yoğunluklu, artan yoğunluklu ve sandviç yapılı köpük takviyesine ait tabaka kalınlıkları, deney sonucu edilen enerji değerleri ve absorbe edilen özgül enerji değerleri verilmiştir. Tüm özgül enerji değerleri incelendiğinde takviyesiz tüpten daha yüksek değer sadece iki numune kombinasyonunda elde edildiği görülmektedir. Bu numuneler TY takviye modelindeki orta yoğunluklu köpük takviye edilmiş numunede ve SY takviye modelindeki üst ve altta yüksek ortada ise düşük yoğunluklu köpüğün kullanıldığı numunelerdir. Ayrıca en düşük özgül enerji değeri de SY takviye modelinde elde edilmiştir. Bu durum absorbe edilen enerji artışının özgül enerji artışına aynı oranda yansımadığını göstermektedir. Dolayısıyla takviye modelleriyle sağlanan enerji artışının, numunede oluşacak ağırlık artışından daha baskın olması verimli bir takviye modeli için gerekli şart olarak sayılabilir.

Tablo 1. Numune kombinasyonları

D=58 mm t=1,5 mm	Tabaka kalınlıkları (mm)			Enerji (J)	Özgül enerji (J/g)	
	Düşük	Orta	Yüksek			
Takviyesiz tüp	-	-	-	1805	25,03	
Tek tip yoğunluklu (TY)	1	100	-	2127	24,23	
	2	-	100	2490	26,02	
	3	-	-	100	2362	24,02
Artan yoğunluklu (AY)	4	40	30	30	2245	24,06
Sandviç yapılı (SY)	5	35	30	35	2314	23,98
	6	35	30	35	2191	24,30
	7	35	30	35	2449	25,73

4. GENEL SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada üç farklı yoğunluktaki PVC köpük malzemesi kullanılarak tek tip yoğunluklu, artan yoğunluklu ve sandviç yapılı olacak şekilde üç farklı modelde takviye edilmiş 6063-T5 alüminyum tüplerin enerji absorbe etme kabiliyetleri incelenmiştir. Takviye elemanı olan PVC köpüklerin, eksenel yüke gösterdikleri direnç

ve tüp cidarı ile girdikleri etkileşim şeklinde sıralanabilecek iki etki ile absorbe edilen enerji değerlerine katkı sağladıkları görülmüştür. Tek tip köpük takviyesinde, bu iki etkinin en verimli şekilde orta yoğunluklu köpük ikamesinde ortaya çıktığı anlaşılmıştır. En yüksek enerji değeri tek tip yoğunluklu takviye modelinde elde edilmiştir. Bu numune kombinasyonu aynı zamanda özgül enerji açısından da en verimli modeldir. Sonuç olarak sandviç modelde sağlanan enerji artışının, köpük tabaka kalınlıklarının daha dar aralıklarda değiştirilmesi ile daha verimli numune kombinasyonlarının elde edilmesi olası görülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma; TÜBİTAK tarafından 115M583 nolu Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında desteklenmiştir. Yazarlar ayrıca, çalışmalara katkılarından dolayı SAÜ Mühendislik Fakültesi laboratuvarı personeline teşekkür etmektedir.

REFERANSLAR

- Ahmad, Z., Thambiratnam, D. P., & Tan, A. C. C. (2010). International Journal of Impact Engineering Dynamic energy absorption characteristics of foam-filled conical tubes under oblique impact loading. *International Journal of Impact Engineering*, 37(5), 475–488. <https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2009.11.010>
- Al Galib, D., & Limam, A. (2004). Experimental and numerical investigation of static and dynamic axial crushing of circular aluminum tubes. *Thin-Walled Structures*, 42(8), 1103–1137. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2004.03.001>
- Djamaluddin, F., Abdullah, S., Arif, A. K., & Nopiah, Z. M. (2015). Thin-Walled Structures Optimization of foam-filled double circular tubes under axial and oblique impact loading conditions, 87, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2014.10.015>
- Guillow, S. R., Lu, G., & Grzebieta, R. H. (2001). Quasi-static axial compression of thin-walled circular aluminium tubes. *International Journal of Mechanical Sciences*, 43(9), 2103–2123. [https://doi.org/10.1016/S0020-7403\(01\)00031-5](https://doi.org/10.1016/S0020-7403(01)00031-5)
- Hsu, S. S., & Jones, N. (2004). Quasi-static and dynamic axial crushing of thin-walled circular stainless steel, mild steel and aluminium alloy tubes. *International Journal of Crashworthiness*, 9(2), 195–217.

<https://doi.org/10.1533/ijcr.2004.0282>

- Kavi, H., Toksoy, A. K., & Guden, M. (2006). Predicting energy absorption in a foam-filled thin-walled aluminum tube based on experimentally determined strengthening coefficient. *Materials & Design*, 27(4), 263–269.
- Mallock, F. R. S. A. (1908). Note on the instability of tubes subjected to end pressure, and on the folds in a flexible material. *Proceedings of the Royal Society A, London*, 388–393.
- Pugsley, A. (1960). The large-scale crumpling of thin cylindrical columns. *Quarterly Journal of Mechanics and Applied Mathematics*, 13(1), 1–9.
<https://doi.org/10.1093/qjmam/13.1.1>
- Santosa, S., & Wierzbicki, T. (1998). Crash behavior of box columns filled with aluminum honeycomb or foam. *Computers & Structures*, 68(4), 343–367.
- Singace, A. A., Elsobky, H., & Reddy, T. Y. (1995). On the eccentricity factor in the progressive crushing of tubes. *International Journal of Solids and Structures*, 32(24), 3589–3602.
- Society, R. (1928). The strength of tubular struts, 213(1914).
- Zarei, H. R., & Kroger, M. (2008). Optimization of the foam-filled aluminum tubes for crush box application. *Thin-Walled Structures*, 46(2), 214–221.

İŞLEVİNİ TAMAMLAMIŞ SANAYİ YAPILARININ PEYZAJ PLANLAMAYLA YENİDEN İŞLEVLENDİRİLMESİ VE YAKIN ÇEVREYLE İLİŞKİLERİ

Arş. Gör. Nur Banu ÖZBALTA

Altınbaş Üniversitesi

Doç. Dr. İbrahim BAŞAK DAĞGÜLÜ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Özet: Sanayi yapıları ülke ekonomileri ve teknolojilerinde görülen hareketliliklere göre yapılandırılabilen mimari ürünlerdir. Bu hareketliliklerin durumuna göre kapasitesinde (özellikle küçülmeler) gibi değişimler gösteren sanayi yapılarının işlevsel ömrü, çoğu zaman fiziksel ömrüne göre daha hızlı biçimde tamamlanmaktadır. Bunun sonucunda, yapıların bir kısmı kuruluş amacını oluşturan işlev tamamlandıktan sonra terkedilmekte ve çöküntü alanlara dönüşerek bölgede güvensizlik gibi sorunlar oluşturmaya başlamaktadır.

İşlevsel ömrünü kaybetmesine rağmen fiziksel olarak hayatını sağlıklı biçimde devam ettirebilen nitelikli ve çoğu zaman tarihi değeri olan, atıl kalmış sanayi yapıları ise kimi zaman yıkılmaları yerine içinde buldukları çevrenin ihtiyaçlarına cevap sağlayacak şekilde yeniden işlevlendirilerek bölgeye olumlu katkılar sunabilmektedirler. Mimari niteliği olan bu yapıların yeniden kullanımını planırken yapıların ilk işlev izleri yok edilmeden, yeni kimlikler meydana getirilmektedir. Bunun için dünya genelinde kabul görmüş yeni yöntemlerle projeler üretilmekte ve yeni kimliklerin bölgeye adaptasyonu için bazı tasarım kararları alınmaktadır. Çalışmada bunlardan biri olan *peyzaj planlama yardımıyla dönüşüm* yönteminden bahsedilmiştir. Çalışmanın amacı ise bugün bu yöntemle işlevlenmiş sanayi yapılarına değinilmesi ve yakın çevresiyle olan ilişkilerinin irdelenmesi olarak ele alınmıştır.

Araştırma kapsamında bu durumu yaşayan projelerin örnekleri, Sanayi Devrimi'ni erken yaşamış, güçlü endüstriyel geçmişi olan ve bugün kullanılmayan pek çok sanayi yapısına sahip olan ülkelerden seçilmiştir. Bu yapılar peyzaj planlaması sayesinde yeterli sağlık seviyesini sağladıktan sonra yine peyzajı bünyesinde yoğun biçimde barındırarak kamu kullanımına sunulmuştur. Bu dönüşümler sanayinin getirdiği çevre kirliliği gibi etkileri onarabilmesine rağmen, bazı bölgelerin turizm gibi aktivitelerini kontrolsüzce hızlandırarak yerel halk için sorunlar oluşturmuş ve sosyal kimliği bilinçsizce

değiştirmiştir. Çalışma içerisinde bu olumlu ve olumsuz getiriler detaylı biçimde incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sanayi Yapıları, Yeniden İşlevlendirme, Peyzaj Planlama

Refunctioning of Old Industrial Buildings With Landscape Planning and Vicinity Connections

Abstract: Industrial buildings can shape according to changes of economies and technologies of its countries. The functional life of industrial structures, which vary according to the state of these changes (especially decreasing), is often completed faster than their physical life. As a result of this, buildings are left and they turn into brown fields, which create problems.

In spite of losing their functional life, the strong and especially historical buildings can be re-functionalized in order to respond to the needs of their environment instead of being demolished. While planning the reuse of these architectural structures, new identities are produced with original traces of the buildings, so projects are developed with new methods. In this study, one of them is described the re-functioning method with the help of landscape planning. The aim of this study is to examine the industrial structures functioning by this method and to examine their relations with their close environment.

Examples of projects have been selected from countries that have experienced the Industrial Revolution early, have a strong industrial background and have many industrial structures, which are not used today. These structures have been provided to public use by providing a sufficient level of health thanks to the landscape planning and by hosting the landscape intensively. Although these transformations are able to repair the effects of the environmental pollution caused by the industry, some regions have uncontrollably changes social identity such as in tourism. These positive and negative situations were examined in detail.

Keywords: Industrial Buildings, Landscape Planning, Brown Field

1. Giriş

Endüstriyel yapıların işlevleri, fiziksel durumlarına göre daha hızlı bir biçimde ömrünü tamamlamaktadırlar. Ömrü bitmiş endüstriyel alanlar çoğu zaman fiziksel şartların kötü durumundan dolayı değil, aktif kullanıcıyı kaybettiği için çevresel şartlara bağlı olarak bakımsızlaşmakta ve zamanla çöküntü alanlara dönüşmektedirler. Terk edilmiş ve çürümeye başlamış bu büyük ölçekli yapılar bölge halkı için güvensiz ortam oluşturmaktadırlar. Özellikle ilk kurulum zamanlarında yerleşim bölgesi dışında kalmasına rağmen, yerleşimlerin büyümesiyle bu alan içinde sıkışmış ve

atıl kalmış endüstriyel yapılar bölge halkının güvenliğinin yanı sıra ekonomik anlamda olumsuz şartlar yaratmaktadır. Bu nedenle işlevsel olarak ömrünü tamamlamasına rağmen, fiziksel olarak hayatını kısmen sağlıklı biçimde devam ettirebilen yapılar, bölgenin yeni ihtiyaçlarına cevap sağlayacak şekilde dönüştürülebilirler. Böylece mimari niteliği ve stabilitesi iyi durumda olan endüstriyel yapıların korunması ve yeniden düzenlenmesiyle kolektif bellek devam ettirilirken aynı zamanda halkın yeni nesil ihtiyaçlarına yönelik çözümler sunulmuş olur. Bu dönüşümden elde edilen faydalar; yapı ölçeğinde oluşan iyileştirmelerle nitelikli binaları yaşatmak ve üst ölçekte çevresel faydalar sağlamak olarak iki yönlü toparlanabilir.

Endüstriyel yapıların bir kısmı özel mülk olarak dönüştürülse de çok büyük bir kısmının özellikle devlet eliyle kamuya açık işlevlerle dönüştürüldüğü görülmektedir. Kamu faydası için dönüştürülen yapılar yeniden işlevlendirilirken bölge halkının faydalanmasını gözetilen yeni kimlikler meydana getirmektedirler. Bu yeni kimliklerin alan tarafından kabul edilmesi için tasarımcılar bölgenin dinamiklerine uygun bir takım kararlar almak ve uygulamak zorundadırlar. Bunlar anlamsızlık yaratmayan aksine ihtiyaca yönelik ya da öngörüyle yaratılmış bir yeniliğe hizmet edecek işlevlere sahip olunması, yapı çevresindeki ulaşım hatlarının düzenli olması, toplumsal hafızayı yok etmemek adına kültürde, cephede ve iç mekan kurgusunda büyük değişikliklerden kaçınılması, kent için nitelikli mimari ürün sunulması, kamusal hayatın canlandırılması, kentsel ölçekte fayda sağlaması gibi durumlardır.

Venedik Tüzüğü her ne kadar anıtlar üzerine yazılmışsa da tüzüğün 5. maddesi dönüştürülmesi planlanan yapıların tüm bu durum ve isteklerinin sağlanmasını yapmak adına güçlü bir öneridir. Bahsi geçen 5. maddede “*Anıtların korunması, her zaman onları herhangi bir yararlı toplumsal amaç için kullanmakla kolaylaştırılabilir. Bunun için bu tür bir kullanma arzu edilir, fakat bu nedenle yapının planı ya da bezemeleri değiştirilmemelidir. Ancak bu sınırlar içinde yeni işlevin gerektirdiği değişiklikler tasarlanabilir ve buna izin verilebilir*” (ICOMOS, 1964) denilmiştir.

Önemli bir yeniden işlevlendirme çalışması olan Emscher Landschaftspark (Ruhr, Almanya) projesini yürütmüş peyzaj planlamacısı Michael Schwarze-Rodrian ise bir söyleşisinde dönüşümlerin faydası ve halka hizmet edecek yeni tutumu konusu hakkında benzer anlayışlardan bahsetmiş ve şu şekilde konuşmuştur: “*Bugün yıktığım bir şey için yarın yeni fikirler üretme fırsatım olamaz. Gerektiği gibi dönüştürebilmek için iyi bir fikir bulana kadar alanı olduğu gibi bırakmak, ‘hiçbir fikrim olmadığı için yıkıp temizlemeliyim’ gibi bir anlayıştan çok daha sağlıklı ve doğrudur. Elbette eski fonksiyonun korunmasını, aşılması gereken bir tabu olarak yorumlamıyorum, demek istediğim farklı ve yeni fikirlerin aranması gerektiği.*” (Karabaş,

2008) Nitelikli dönüşümler olarak kabul edilen dönüşüm çalışmaları incelendiğinde bu durumu doğrular nitelikte oldukları görülmektedir.

Bu yapıların dönüşümlerin çoğu hem yasal hem de fiziki olarak çalışmaya daha uygun olmak için binayı fazla yormayan, yeni işlevin binaya aşırı yük getirmedeği programları kapsamaktadır. Bu dönüşüm yöntemlerinden birisi peyzaj planlamasıyla yapılan yeniden işlevlendirmelerdir.

2. Peyzaj Planlamayla Yeniden İşlevlendirme

II. Dünya Savaşı'ndan sonra kalkınmak için sanayiye itici güç olarak kullanan Avrupa ülkeleri, sanayi alanlarını ve hammaddelerini diğer ülkelere göre daha hızlı eskitmiş ve tüketmişlerdir. Sanayi yerleşkelerinin yıllar boyunca yaptığı faaliyetler sonucu çevreye bıraktıkları sanayi atıkları nedeniyle bölgenin havası, suyu ve toprağında görülen köklü olumsuz değişimler ekolojik sistemlerin uzun vadede gösterdiği etkiler sonucunda yenilenebilmektedir.

Yıllar boyunca süren sanayi faaliyetlerinin bir sonucu olarak sanayi tesislerinin toprağa, suya ağır metaller gibi atıklar bırakması ve bu atıkların birikmesi soruna çözüm için yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan en etkin olarak kullanılan fitoremediasyon (phytoremediation) olarak bilinen bitkisel ıslah uygulamasıdır. Bu yönteme göre, çevre kirliliğine çok dayanıklı bazı bitki türleri sanayi alanlarına dikilmekte ve toprağın dokusuna karışmış olan arsenik, kadmiyum, kurşun gibi zararlı atıklar bitkinin bünyesinde depolanmasına izin verilmektedir. Yaprak, dal, meyve, gövde ve köklerinde toprakta bulunan metal oranından 50 ila 500 kat daha fazla metal biriktiren bu bitkilere hiperakümülatör bitki denir. Çiçekli bitkilerin %0,2'sini oluşturan hiperakümülatör bitkiler yaklaşık olarak 450 adettir (Aybar vd., 2015:59).

Hiperakümülatif bitkiler ağır metalleri absorbe ederek dokularında biriktirmesinin ardından bu metalleri kendi bünyesi içinde etkisiz hale getirebilmektedirler. Belli bir zaman sonra bitki için zararsız hale gelmesine rağmen bitkiler hasat edilmektedirler. Bu bitkiler hasattan sonra asitle yok etme, kurutma, anerobik çürütme gibi imha yöntemleriyle yok edilmektedir. Bu gibi bitkisel yöntemlerle öncelikli olarak araziler ıslah edilmekte ve planlanan yeni işlev programları mümkün mertebe temizlenen bu alanlarda gerçekleştirilmektedir. Aşağıda bu şekilde peyzaj yardımıyla dönüştürülmüş bazı sanayi yapılarına değinilmiştir.

2.1 Duisburg Nord Landschaft Park, Ruhr, Almanya

Zengin yeraltı kaynakları sayesinde uzun yıllar Almanya ekonomisine hizmet sunan Ruhr Bölgesi, yıllar süren tüketim sonucu madenlerini bitirmiş ve tüm bu süreç

zarfında bölge halkının sağlığını olumsuz yönde etkilemeye başlamıştır. Bölgedeki maden ocaklarının kapatılmasının ardından bölgenin yenilenmesi için uzun yılları kapsayan birkaç aşamalı bir rehabilitasyon programı hazırlanmıştır. Alan, Ruhr'a geri kazandırılırken kullanıcılar için sosyal ve ekonomik fayda sağlaması planlanmıştır.

Ruhr'un dönüşümünün başlangıcı Emscher Nehri'yle başlamıştır. Emscher Nehri, Almanya'nın ünlü sanayi alanı olan Ruhr Bölgesi'nde uzun bir süre kanalizasyon deresi olarak hizmet vermiş doğal bir sistemdir. Ruhr havzasında bulunan tüm sanayi tesislerinin atıklarının bırakıldığı bir tür toplar damar görevi gören nehir bu nedenle zamanla bölge halkı ve ekosistem için ölümcül hale gelmiştir.

Bu bölgedeki hammaddelerin tükenmesinin ardından sanayinin yavaşlamasıyla Emscher Nehri'nin temizlenmesi kararı alınmış; sanayi tesislerine temiz su sağlayan ve bölgeye adını veren Ruhr Nehri gibi doğal olması istenmiştir. Bu kapsamda 1988'de IBA Emscher Park Projesi tasarlanmıştır (IBA- Internationale Bauausstellung/International Building Exhibition).

Bu projeye göre bölgedeki yıpranmış ve özgünlüğünü kaybetmiş peyzaj dokusunun yeniden yapılandırılması planlanmıştır (Kaçar, 2016:474). Bölgenin alt yapısı yenilenirken 10 yıllık bir program olarak kurulan IBA önemli bir hareketlilik sağlamış ve bölgenin yeni kimliğine katkıda bulunmuştur. Bu vesileyle Ruhr havzasında Emscher Nehri etrafındaki gazometrelerin kültürel kullanımı, Zollverein Kömür İşletmesi'nin yeniden kullanımı, Oberhausen Altenberg Çinko Fabrikası'nın düzenlenmesi, Bochum Maden Müzesi gibi dönüşümler gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda çalışılan alanlardan birisi de Duisburg demir çelik tesisleri olmuştur.

1901'den 1985'e dek Thyssen firması için demir üreten ve 180 hektarlık sanayi alanına sahip olan (Landschaft Park Duisburg, 2018) Duisburg Landschaft Park yaşadığı dönüşümle bugün endüstrinin şekillendirdiği yeni tip parkların öncülerinden kabul edilmektedir. Aynı zamanda yüksek sanayi fırınları, mekanik odalar, havalandırma sistemleri, döküm üniteleri, borular, gazhaneler, kedi yollarıyla yaşayan bir sanayi anıdır.

Alanın dönüşümünde doğal ve kültürel peyzajın bütünleşmesi kararı kullanıcı için ayrı bir çekim yaratmıştır. Toprağın uygun olduğu bölgelerde yoğun bitki dokusu oluşturulmuş; zemin şartlarının müsaade etmediği bölgelerde ise toprak kalitesini yükseltmek adına farklı tip ağaçlandırmalar yapılmıştır (Karabaş, 2008). Bitkilerin zamanla bölgeyi sararak hem doğal hem de kültürel peyzaj oluşturması sonucu bölgedeki fauna geri kazanılmış özellikle kuş çeşitlerinde ilerlemeler gözlemlenmiştir. Alandaki sanayi atıklarını taşıyan kanal ise proje kapsamında müdahale edilerek

temiz suyun depolandığı su yolu ve gölcüklere bağlanmıştır. 15 yıl içerisinde temizlenen bu kanalda bugün su ekolojisi yeniden hayat bulmuş ve çevresi seyir terasları halinde halkın kullanımına açılmıştır. İngiliz Guardian gazetesi parkın bu gibi peyzaja dayanan özelliklerle yenilenmesi nedeniyle bu sanayi alanını dünyadaki en güzel on kentsel vaha içerisinde saymıştır.

Arazinin ıslahının yanısıra alandaki eski endüstriyel yapılar çeşitli etkinlikler için yeniden elden geçirilmiştir. Sportif faaliyetler için ayrılan gazometreler Avrupa'nın en büyük yapay dalış merkezi haline getirilmiş, eski cevher depolama alanı ise tırmanma alanına dönüştürülmüştür. Alman Dağcılık Federasyonu'nun katkısıyla yapılan bu tırmanma alanları dağlık bir topografyaya sahip olmayan Ruhr havzasını farklı spor türleri için ziyarete açmakta ve bugün ülkenin en kalabalık dağcı grubuna ev sahipliği yapmaktadır. Alanda ayrıca Piazza Metalica ismi verilen performansa yönelik meydan gibi sanatsal etkinliklerin üretildiği alanlar mevcuttur (Nickerson, 2018).

Bölge ayrıca sanayi tarihinin yerinde öğrenilmesini teşvik edecek biçimde düzenlenmiştir. Üretim süreçlerinin yerinde izlenebildiği eski sanayi izleri tur rehberleriyle ziyaretçilere tanıtılmış, bu sayede Alman ekonomisine katkısı gösterilmek istenmiştir.

Tüm bu yeni programlar sayesinde alan, her yıl her yıl 250 sanat, kültür, spor vs. etkinliğine evsahipliği yapmakta bir milyonu aşkın ziyaretçi kazanmaktadır (Landschaft Park Duisburg, 2018).

2.2. Gasworks Park, Seattle, ABD

Gas Works Park, Seattle'da Lake Union kıyılarında bulunmaktadır. Geçmişte gazifikasyon yöntemiyle sentez gaz üreten bir sanayi tesisi olarak kullanılan bu sanayi yerleşkesi 1975'de başlayan yeniden işlevlendirme hareketiyle halka açık yeşil alanlara dönüştürülmüştür. 77.000m²'lik bir alan kaplamakta olan bu bölgenin 1971'deki ilk master planında fitoremediasyon ve çeşitli diğer yöntemlerle temizlenme ve yenilenme üzerinde durulmuştur.

Gas Works Park'ın tasarımcısı, peyzaj mimarı Richard Haag, çalışmasını "ormanı incelemek" olarak tanımlamış, tesislerin orijinal yapısının çoğunun korunmanın yanı sıra, toprakta yıllar içinde oluşmuş zehirli kirleticilerin parçalanmasını sağlamak için çevreye parçalayıcı enzimler getirmekten sorumlu tutulmuştur (Lake Union Virtual Museum, 2008).

Mimar, alanın sanayi atıklarından temizlenmesinden sonra bölgede genel programlar olarak sportif faaliyetler, uçurtma şenlikleri, halk konserleri, havai fişek

gösterileri ve hatta düğün fotoğrafçılığı gibi çeşitli etkinlikler yapılmasını önermiştir. Yaklaşık 50 yıl sanayi hizmeti verdikten sonra değişime tabi tutulan bu eski sanayi yerleşkesi bugün bu özellikleri sayesinde Seattle'ın hem yerel halk hem de turistler için popüler ücretsiz alanlarından biri haline gelmiştir. Böylece bugün bu sanayi alanı ağır metallere temizlenmiş ve inovatif park tasarımına dahil edilerek Seattle'ın ikonik bölgelerinden birisi olmuştur.

Peyzaj mimarı Richard Haag bu projesiyle ASLA (American Society of Landscape Architects) Başkanlık Ödülünü kazanmış, park da 2013 yılında ABD'nin Ulusal Kayıtlı Tarihi Alanlar listesine aday olarak girmiştir (The Cultural Landscape Foundation, 2018).

2.3. Zhongshan Shipyard Park, Guangdong, Çin

Zhongshan Shipyard Park 11 hektarlık bir alana kurulmuştur. 1950-1999 arasında işlemiş eski bir tersane bölgesidir. Tersanenin Sosyalist Çin'in 1960-70'lerdeki Kültürel Devrimi'ni kapsayan dikkate değer 50 yıllık bir dönemine tanıklık etmesi nedeniyle korunması uygun görülmüştür. Çin'in ünlü kentsel peyzaj firması olan Turenscap grubu alanı tasarlarken öncelikle alandaki sorunları çözmeye odaklanmıştır. Bunlardan problemlerden birisi günlük su seviyesinin 1.1m olarak değişmesi ve alanı su basmasıdır. Ayrıca taşkınları engellemek için nehir yatağının eni genişletilmek istenmesine rağmen kıyıda bulunan yaşlı banyan ağaçlarının varlığı dolayısıyla alana fazla müdahale edilememesi de bir başka sorunu yaratmıştır. Bu soruna çözüm olarak eski ağaç sıralarını kesmemek adına ağaçların arkasında kalan bölgede 20 m'lik bir kanal açarak nehre başka bir kılcal kol sağlanması uygun görülmüştür. Taşkın olan bölgeler içinse farklı kotlarda yükseltilmiş promenadlar sağlanmış ve bu yükseltilmiş yapay sirkülasyon bir zincir haline getirilmiştir. Alandaki bir diğer uygulama zengin peyzaj dokusu yaratılması kararıdır. Orjinal bitkilendirme ile doğal habitatlar korunmuş ve geliştirilmiştir.

Bu zengin peyzaj dokusu arasında eski tersaneye ait makineler korunmuş ve bölgenin aslında Çin'in eski bir sanayi sahası olduğu kullanıcıya hatırlatılmıştır.

Tasarımcılar sanayi yapılarıyla ilgili olarak ise üç farklı karar almıştır, bunlar koruma, işlevlendirerek geliştirme ve yeni formlar yaratmadır. Korunması planlanan ilk gruptaki yapıların bir kısmının mimarların yorumuna bağlı olarak korunduğu gözlemlenmektedir. Buna eski yıpranmış tersane gözlerinin üst örtülerinin soyularak yalnızca taşıyıcı iskeletler halinde tutulması kanıt olarak sunulabilmektedir. Kullanıcı günümüze uygun olarak temizlenmiş ve sağlıklı hale getirilmiş iskeletler sayesinde eski sanayi izlerini okuyabilmektedir. İkinci karara bağlı olarak doklar, vinçler ve

diğer endüstriyel strüktürlerin bir kısmı eğitsel, işlevsel ve estetik olarak yeniden işlevlendirilmiştir. Kıyıdaki dokların çayevi ve kulüp evi olarak kullanılması ya da eski su kulesinin aydınlatma amaçlı kullanılması bu duruma örnek olarak gösterilebilir. Ürünlerin bir kısmı ise üçüncü kararlar mimarlar tarafından tamamen yeni üretilmiş, bölgeden alınan ilhamla tasarlanan ve bölgeye yeni kimlikler ekleyen Red Box gibi yapılardır.

Turenscape, Çin’de endüstriyel tema ile üretilen ilk park olma özelliği gösteren bu eski tersane parkının amaçlarını peyzaj dokusunu geliştirmek, çevresel/tarihi bilinç oluşturmak, rekreasyon için herkesin yararlanabileceği fırsatlar yaratmak ve turist çekmek olarak belirlemiştir. Zamanla mimarların öngörüsü gerçekleşmiş; klasik bir Çin parkından farklı olan bu tasarım, moda gösterileri, düğün fotoğrafçılığı gibi etkinliklerle çekim noktası olmuş ve yerel halkın kaliteli vakit geçirmesini sağlayan bir alana dönüşmüştür (Turenscape, 2017). Böylece peyzajın etkisi sayesinde güvensiz bir bölgeden halkın kullanımına açılan faydalı bir alan doğmuştur.

2.4. Parco Dora, Turin, İtalya

Torino şehir merkezinin yakınında, laminasyon çalışmalarının yapıldığı bu eski sanayi bölgesi 2004 yılında kent parkına dönüştürülmüştür. Città d’Acqua” projesi kapsamında Latz + Partner tarafından çalışılan bu bölge nehir kenarındadır. Bu nedenle projede eski sanayi yapısının yeniden işlevlendirilmesinin yanı sıra nehir hattı boyunca yeni kıyıların gelişimi ve sınır mahallelerinin bağlantıları da yeniden kurgulanmıştır.

Sanayi bölgesinin park olarak işlevlendirilmesine karar verilmiş ve park, işlevsel farklılıklarla endüstriyel kalıntıların durumuna göre alanlara bölünmüştür. Alandaki kullanılmayan endüstriyel binalar bu bölgedeki yeni Santa Volto Kilisesi için çan kulesine çevrilmiştir. Eski fabrika yapısının, parkın hareketli merkezini oluşturması planlanmıştır.

Bu fabrikanın dış cephesinin ve çatısının büyük bölümlerinin sökülmesinden sonra, 30 metre yüksekliğindeki kırmızı çelik kolonlar sanayi izi olarak bırakılmıştır. Bu sanayi tipi çelik kolonlar hattının oluşturduğu ana meydanın yanı sıra alanın hala çatısı olan bölümü ise korunaklı ve çok işlevli bir etkinlik alanı haline getirilmiştir. Bu yapıların gerisinde kalan alanlar yumuşak peyzaj alanı olarak planlanmış, geniş gezinti yolları, pergolalar vs ile şekillendirilmiştir (Landezine, 2014). Bölgeye köprüler, merdivenler, rampalar gibi sirkülasyon elemanları eklenerek parkın farklı bölümleri birbirlerine ve çevredeki mahallelere bağlanmıştır. Proje 2017 yılında

European Garden Award 2.'lik Ödülü ve 2012'de The International Architecture Award ödülünü kazanmıştır (Latz + Partner, 2018).

2.5. High Line, New York, Amerika Birleşik Devletleri

High Line projesi New York'daki artık kullanılmayan eski bir demiryolunun yeniden işlevlendirilmesi projesidir. 1934 yılında Manhattan'ın batı yakasındaki trafiği düzenlenmesi ve yoğun endüstri bölgesindeki yapıların liman ile ilişkilerinin hızlandırılması için kurulan bu yükseltilmiş High Line demiryolu hattı, 1980'de yeni yapılan otoyolların etkisi ve endüstri kimliğinin bu bölgeden uzaklaşması dolayısıyla işlevini yitirmeye başlamıştır (İnan, 2013).

2000'li yılların başında belediyelerce yıkım kararı alınan High Line'ın bir kısmı yıkılmasına rağmen (sadece 1.3 millik ve toplamda 3 hektarlık bir alan bırakılmıştır (Abrahams, 2010). Rudi Giuliani, Robert Hammond and Joshua David adlı üç aktivist, bölgedeki kamusal alan yetersizliğinden yola çıkarak Friends of High Line isimli gönüllü bir oluşum kurmuş ve bu yapının kimliğini yitirmeden değerlendirilmesi için çalışmalar üretmişlerdir (Farley, 2009).

Grubun çağrılarıyla bölge için bir yarışma düzenlenmiş ve uluslararası tasarım ekipleri davet edilmiştir. Yarışmaya 36 farklı ülkeden 720 başvuru yapılmıştır. Strüktürün kamusal faydaya katkı sağlayacak biçimde yeniden işlevlendirilmesinin önerildiği bu projelerin bir kısmı rayların üstünde yeni yeni oluşmaya başlamış mevcut yeşil dokulardan etkilenmişlerdir (Warren, 2014). Yarışma sonunda Steven Holl Architects, Zaha Hadid Architects, TerraGRAM ve Field Operations'ın Diller, Scofidio ve Renfro ile yaptığı ortaklık dahil olmak üzere dört tasarımcı ekip finale kalmıştır. Bu bölgede yaşayan ve Friends of High Line oluşumundan önce de bölge için düşünceler üreten Steven Holl, projesinde, alanın yeşil bir dilim olarak dönüşmesini önermiş ve sanatsal enstalasyonlar, gözlem kuleleri gibi donatılarla bu yeşil dokuyu desteklemiştir. Zaha Hadid'in tasarımı ise akşam etkinlikleri gibi daha çok kültürel programlara odaklanmış sahneler ve oturma birimleri gibi donatılarla şekillenmiştir. Yarışmayı kazanan Field Operations'ın başını çektiği grubun tasarımı ise tarihsel referanslarla yenilenmiş yalın bir öneri olmuştur. Proje ekibinin daha sonra yayınladığı proje kitabında High Line'ın "agri-tecture" anlayışıyla dönüştürüldüğüne değinilmiştir. Türetilmiş bu kelimedenden, organik dokuyla yapı malzemelerinin buluşarak bitkisel/mineral karışımı oluşturması olarak bahsedilmiştir. Diller, Scofidio ve Renfro bu tabiri "ekolojinin çeşitlenebileceği esnek materyal organizasyonu" olarak tanımlamışlardır (Farley, 2009). Bu ortaklık, projenin erken tasarım aşamasında bir zamanlar

kentsel bir öge olan High Line'ın doğaya iade edilmesinden ortaya çıkan güzellikten etkilenerek üretim yaptıklarından bahsetmişlerdir.

High Line projesinin tasarım aşamasında Field Operations'ın kurucusu olan James Corner'ın en çok değindiği zorluk, birbiriyle çelişen iki amacı bağdaştırmak olmuştur. Bunlar, kimliği değişmeye başlayan kentin ortasında kayıp bir doğa kordonuna dönüşmüş olan bu hattı, doğallığını bozmadan korumak ve bunu kente adapte ederek kullanıcıyı davet etmektir.

Tasarım ekibi bu durumu çözmek için, pasif peyzaja yönelik yoğun bitki dokusu ile aktif peyzaja yönelik çim zeminler yaratmış ve bu dokuların arasına da kullanıcı ihtiyaçlarına yönelik serpiştirilmiş küçük ölçekli yapılar eklemiştir (Gönlügür, 2006).

Yüksek hatta oluşturulan bu kentsel iz, bazen açılarak meydanlıklara bazen de yapıların arasından geçerek dar koridorlara dönüşmektedir. Bu nedenle tasarımcılar parkı lineer formu dolayısıyla kolaylıkla sağlanan yürüyüş yolları, dinlenme alanları, seyir terasları, büfeler, güneşlenme alanları vs. turlar, kamusal partiler, özel günler gibi etkinliklere olanak tanıyacak biçimde yenilemiştir. High Line'ı sıradan bir parktan ayıran yüksek kotta olması özelliği ve özellikle seyir terasları, yukarıdan bölgeyi izleyerek kentle farklı bir bağ oluşturmayı sağlarken aynı zamanda kullanıcıya hem kentle bütünleşip hem ayrılarak şehre farklı açılardan bakışlar yakalamayı, çeşitli vista noktalarını keşfetmeyi sağlamaktadır.

High Line Projesi üç aşamalı olarak uygulanmış ve son etabı 2012 yılında açılmıştır. Friends of High Line sayesinde devlet desteğinin yanısıra 1500'den fazla bağışçıya ulaşılmış ve 44 milyon dolar toplanmıştır (toplam maliyet 150 milyon dolar) (Farley, 2009).

Bu park her ne kadar kendinden önce Paris'te üretilen Promenade Plantée'den etkilense de kentsel peyzaj tasarımı ve endüstriyel yapıların dönüşümü konusunda başlı başına bir mihenk taşı olmuş ve bu tip çalışmalar High Line tipi parklar olarak sınıflandırılmaya başlanmıştır. High Line'dan sonra üretilen High Line esintili lineer parklara İngiltere'deki Queensway Parkı ve yine New York'daki Lowline Underground Parkı da örnek olarak gösterilebilmektedir. High Line, oluşturduğu etki ile ayrıca bölgenin gayrimenkul değerlerini yükseltmiş ve çevresinde yeni mimarilerin oluşmasının önünü açmıştır. Bölgede Renzo Piano tarafından tasarlanan Whitney Museum ve Frank Gehry tarafından tasarlanmış InterActiveCorp genel merkez binası bu duruma örnek oluşturur (Warren, 2014). Bu durum uzun yıllardır Batı Chelsea'de çalışan ve ikamet eden gerçek ve eski yerli halk için çeşitli sıkıntılar oluşturmaya başlamıştır. Bu sıkıntılar New York Times'da ele alınmış ve High Line'ın bölge halkına verdiği zararları anlatılmıştır. Bu yazının sahibi Jeremiah Moss'a göre High

Line yerel halktan ziyade turizm üzerine odaklı bir mekana dönüşmüştür; bu nedenle de High Line'a gelen ziyaretçiler bölgede arbedeye yol açmaktadırlar. Daha ilk yılından 3,7 milyon ziyaretçi ağırlayan bu strükture gelen ziyaretçilerin yarısının New York dışından olduğu görülmüştür. Bu hengame dolayısıyla yerel halkın High Line'a yaklaşımdan zaman geçirdiğini anlatan Moss ayrıca bölge gayrimenkul fiyatlarındaki patlama dolayısıyla uzun yıllardır bölgede çalışan ve bir gelenek oluşturmuş yerel esnafın buradan gitmek zorunda kaldığına değinmiştir. *"Eski yapılar yıkılmaya ve High Line 519, HL23 gibi isimlere sahip camı kuleler fiyatlarındaki artışa paralel sıra dağlar misali yükselmeye başlıyor. New York Ekonomik Kalkınma Kurumu geçen sene High Line'ın yeniden düzenlenmesinden önce çevredeki konutların emlak değerinin Manhattan ortalamasının yüzde sekiz altında olduğunu açıklayan bir çalışma yayınladı. Aynı rapora göre 2003 ve 2011 yılları arasında parkın çevresindeki emlak fiyatları %103 oranında artış göstermiş."*(Moss, 2012).

Bu örnekte görüldüğü gibi dönüştürülmüş endüstriyel yapıların bölgeye katkı sağlamasının yanı sıra beklenmedik çeşitli sorunlar oluşturduğu da gözlemlenebilmektedir.

2.6. La Promenade Plantée (La Coulée Verte), Paris, Fransa

Promenade Plantée, Paris'te kullanılmayan bir demir yolunun peyzaj odaklı olarak yeniden değerlendirilmesi kapsamına yapılmış bir çalışmadır. High Line'a ilham olan bu proje, ondan farklı olarak daha eski dönem mimarisine ait yığma struktürlerin kullanılmasıyla oluşturulmuştur. Ayrıca High Line gibi teknik bir peyzaj tasarımıyla öte romantik bir peyzaj dokusuna sahiptir.

18 yy'dan kalma bu eski tren hattındaki dönüşüme mimar Philippe Mathieux ve peyzaj mimarı Jacques Vergely tarafından 1989'da başlanmıştır (Brunton, 2017). Bu yılda rehabilite edilmeye başlanan tren hattının ilk kısmı 71 kemerli viyadük olmuştur. Viaduc des Arts olarak bilinen bu alan, zanaatkarlar için ayrılmış ve sanat bulvarına dönüştürülmüştür (Paris, 2018). Parkın geri kalanı ise herhangi bir temaya sahip olmayıp kentsel yeşil alan olarak tasarlanmıştır. Toplam 4,5 km'lik bir uzunluğa sahip bu lineer park, seyir terasları, güneşlenme alanları, süs havuzları, koşu bantları vs ile donatılmıştır. High Line'da olduğu gibi La Promenade Plantée de, bazen daralır bazen genişleyerek biçimlenmektedir.

3. Sonuç

Yukarıda verilmiş örnekler gibi peyzaj çalışmaları yaklaşık son birkaç on yılda hükümetler genelinde daha önemli bir konuma yükselmeye başlamıştır. Özellikle endüstriyel sahaların etkin çalışmasından sonra ortaya çıkan olumsuz koşullar göz

önünde bulundurulduğunda yoğun yapılaşması olan kentlerde peyzaj dokusuna daha çok ihtiyaç duyulduğu fark edilmiş ve bu yönde büyük ölçekli çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu nedenle mevcut yeşil alanların yanı sıra kullanılmayan atölyeler, işlikler ve endüstriyel sahalar gibi atıl alanlar yeni nesil peyzaj düzenlemelerinin önünü açmıştır. Bu yeni yeşil alanlar artık klasik ve romantik peyzaj düzenlenmesinden çıkmış; daha fonksiyonel ve halkın daha çok dahil olabildiği yeşil dokulara dönüşmeye başlamışlardır. 19. yy'ın yoğun endüstrisinin getirdiği olumsuzluklara karşı bir ihtiyaç olarak doğan bu alanlar, yeni işlevleriyle endüstriden yıpranmış halkın doğayla buluşmasını arttırmış ve bölgeden aldıklarını geri vermeye başlamıştır. Ayrıca bu parklar sanayi alanlarını bünyesinde bulundurması dolayısıyla çevresel ve doğal özelliklerin dışında kullanıcıya geçmişe dönük araştırma ve eğitim gibi faydalar da sağlamaktadır.

Türk topraklarında -özellikle kıyı bantlarına yerleşmiş ve büyük ölçekli- eski endüstriyel sahalarda da peyzaj eksenli dönüşümler önerilebilir. Bu durum için gösterilebilecek en iyi örnek Azapkapı'dan başlayarak Haliç'in iç kesimlerine doğru uzanan tarihi Türk tersanesi Tersane-i Amire'dir. İstanbul'un Osmanlı Devleti'nin başkenti olduğu yıllarda kurulmaya başlanan bu sanayi bölgesinde üretilecek bir yeşil bant hem Haliç'in kıyı ekolojisini düzenleyip hem kentsel ısı adası etkisini azaltacak hem de asbest gibi yıllardır bölgede kullanılan zararlı gazların alandaki etkisini azaltacaktır. Ayrıca İstanbullu için alternatif yeşil alan sağlamanın yanı sıra alanın içerisinde korunacak yapılar dolayısıyla ziyaretçiye hem Türk denizcilik tarihi hem de tersane sanayisi hakkında veriler sunacaktır.

4. Kaynakça

- Abrahams, T. (2010). "Viaducts: New Urban Encounters" <https://www.architectonic.com/en/story/tim-abrahams-viaducts-new-urban-encounters/7000516>
- Aybar, M. ve Bilgin, A. ve Sağlam, B. (2015). "Fitoremediasyon Yöntemi İle Topraktaki Ağır Metallerin Giderimi", Doğal Afetler ve Çevre Dergisi 2015 (1): 59-65
- Brunton, J. (2017). "A Magical, Green Walk Along Paris's Promenade Plantee" <https://www.theguardian.com/travel/2017/jun/07/paris-promenade-plantee-free-elevated-park-walkway-bastille-bois-de-vincennes>

- Farley, L. (2009). “Urban Simulation Technologies And The High Line”, ^[1]_[SEP]Joint Design and Development (GSD 7411) and Independent Study with Professor Andreas Georgoulas (Harvard College Gsd)
- Farley, L. (2009). “Urban Simulation Technologies And The High Line”, ^[1]_[SEP]Joint Design and Development (GSD 7411) and Independent Study with Professor Andreas Georgoulas (Harvard College Gsd)
- Farley, L. (2009). “Urban Simulation Technologies And The High Line”, ^[1]_[SEP]Joint Design and Development (GSD 7411) and Independent Study with Professor Andreas Georgoulas (Harvard College Gsd)
- Gönlügür, E. (2006). “High Line: Manhattan’da Sıradışı Bir Park Projesi” <http://v3.arkitera.com/h7903-high-line-manhattan-da-siradisi-bir-park-projesi.html>
- ICOMOS, (1964). “Venedik Tüzüğü, Madde 5”, http://www.icomos.org.tr/Dosyalar/ICOMOSTR_0612886001496825607.pdf
- İnan, D. (2013). “High Line: New York’un Kent Bahçesi”, Mimarlık Dergisi, 2013, Sayı: 371
- Kaçar, A.D. (2016). “Learning From the Ruhr: The Case Of World Heritage Site Zollverein As A Model Of Conserving Industrial Culture In Turkey”, Ideal-kent 2016 (7): 474-496
- Karabaş, B. (2008). “Endüstriyel Alan Dönüşümleri”, <http://v3.arkitera.com/g70-peyzaj-mimarligi.html?year=&aID=889&o=886>
- Karabaş, B. (2008). “Ruhr Bölgesi’ni Başarıyla Dönüştüren Projenin Sırları” <http://www.arkitera.com/haber/4907/ruhr-bolgesi-ni-basariyla-donusturen-projenin-sirlari>
- Lake Union Virtual Museum, (2008). “Transcript of Interview with Richard Haag” http://www.lakeunionhistory.org/Transcript,_Gasworks_Park.html
- Landezine, (2014). “Parco Dora” http://www.landezine.com/index.php/2014/04/parco-dora-latz-partner-landscape_architecture/
- Landschaft Park Duisburg, “Industrial Monument” <https://www.landschafts-park.de/en/industrial-heritage-circuit/denkmal-huttenwerk/> 26.11.2018
- Landschaft Park Duisburg, “Landscape Park”, <https://www.landschafts-park.de/en/visitor-information/landscape-park/>, 26.11.2018
- Latz +Partner, “Turi” <https://www.latzundpartner.de/en/projekte/postindustrielle-landschaften/parco-dora-turin-it/>, 26.11.2018

- Moss, J. (2012). “Disney World On The Hudson” <https://www.nytimes.com/2012/08/22/opinion/in-the-shadows-of-the-high-line.html>
- Nickerson, T. “Landschaftspark Duisburg-Nord” <https://courses.umass.edu/la-tour/Germany/tnickerson/projectdescription.html>, 26.11.2018
- Paris. Fr (2018). “Coulee Verte Rene-Dumont (Ex-Promenade Plantee)” <https://www.paris.fr/equipements/coulee-verte-rene-dumont-ex-promenade-plantee-1772>
- The Cultural Landscape Foundation, “Gas Works Park” <https://tclf.org/landscapes/gas-works-park>, 26.11.2018
- Turenscape, (2017). “Zhongshan Shipyard Park” <https://www.turenscape.com/en/project/detail/4650.html>
- Warren, J. (2014). “The High Line: A Suburban Space for an Urban Public” Lisans Bitirme Çalışması, University of Pittsburgh, Pennsylvania
- Warren, J. (2014). “The High Line: A Suburban Space for an Urban Public” Lisans Bitirme Çalışması, University of Pittsburgh, Pennsylvania

POLİANİLİN İLE TİTANYUM DİOKSİT FOTOKATALİZÖRÜN FOTOKATALİTİK PERFORMANSININ ARTTIRILMASI

Doç.Dr. Özcan KÖYSÜREN

Ankara Üniversitesi

Dr. Öğretim Üyesi H. Nagehan KÖYSÜREN

Ankara Üniversitesi

Özet: Bu çalışmada iletken bir polimer olarak polianilin'in (Pani), titanyum dioksit (TiO_2) fotokatalizörünün fotokatalitik etkinliği üzerindeki etkisine odaklanılmıştır. Farklı TiO_2 içeriğine sahip (ağ.%10, 20 ve 30) Pani kompozitleri, katkılı polimerizasyon yöntemi ile hazırlanmıştır. Hazırlanan kompozitleri karakterize etmek için taramalı elektron mikroskopisi (SEM) ve UV-Vis absorptans spektroskopisi kullanılmıştır. SEM görüntüleri, kümelenmiş formdaki TiO_2 nanoparçacıklarının polimer matrisi içinde homojen olarak dağıldığını ortaya koymuştur. UV-Vis absorptans spektroskopisine göre Pani, TiO_2 nanoparçacıklarının ışık absorpsiyonunu görünür ışık bölgesine taşımıştır ve optik bant aralığı enerjisini düşürmüştür. Böylece, iletken polimer ile TiO_2 fotokatalizörünün fotokatalitik performansı arttırılmıştır. Metilen mavisinin UV ışık altında giderimi ile hazırlanan numunelerin fotokatalitik etkinliği çalışılmıştır. TiO_2 ve Pani ile karşılaştırıldığında, Pani/ TiO_2 kompozitlerinin fotokatalitik etkinliğinde artış gözlenmiştir. En yüksek boya giderim değeri (%23), ağ.%30 TiO_2 nanoparçacıkları içeren Pani kompoziti ile elde edilmiştir. Pani/ TiO_2 kompozitleri içeren metilen mavisi çözeltisinin bozunma hız sabiti, ayrı ayrı saf TiO_2 ve saf Pani içeren boya çözeltisinin reaksiyon hız sabitinden yüksektir.

Anahtar Kelimeler: Fotokatalitik performans, polianilin, titanyum dioksit, polimer kompozit

Enhancing the Photocatalytic Performance of Titanium Dioxide Photocatalyst with Polyaniline

Abstract: Current study was focused on the effect of polyaniline (Pani) as a conducting polymer on the photocatalytic activity of titanium dioxide (TiO_2) photocatalyst. Pani composites with varying TiO_2 compositions (10 wt.%, 20 wt.% and 30 wt.%) were prepared by using an in situ polymerization

technique. Scanning electron microscopy (SEM) and UV-Vis absorbance spectroscopy were used to characterize the prepared composites. SEM images revealed that TiO₂ nanoparticles in aggregated form were distributed homogeneously within the polymer matrix. According to UV-Vis spectroscopy, Pani extended the absorption of TiO₂ nanoparticles to the visible light region and reduced the optical band gap energy, improving the photocatalytic performance of TiO₂ photocatalyst with the conducting polymer. The photocatalytic activity of the prepared samples for removing of methylene blue was evaluated under UV light irradiation. When compared with TiO₂ and Pani, an improvement in photocatalytic activity for Pani/TiO₂ composites was observed. The highest dye removal value (23%) was obtained with Pani composite, including 30 wt.% TiO₂ nanoparticles. The degradation rate constant of methylene blue solution, containing Pani/TiO₂ composites, was higher than that of the reaction rate constant of the dye solution, containing pure TiO₂ and pure Pani, separately.

Keywords: Photocatalytic performance, polyaniline, titanium dioxide, polymer composite

Giriş

Sanayi gelişimi ile çevre ve insan sağlığına zararlı, doğal yollarla giderimi zor, toksik kirleticilerin üretimi ve doğaya salınım miktarları artmıştır. Özellikle, organik boyalar endüstriyel atıksuların başlıca kirleticileridir. Organik boyalar, kağıt, deri, petrokimya, gıda, kömür ve plastik başta olmak üzere çeşitli endüstrilerin atıksularında sıklıkla görülmektedir. Atıksudan organik boyaların giderimi, diğer organik maddelere göre daha önemlidir. Organik boya çok düşük derişimde bile (1 ppm) suyun rengini değiştirebilmekte; suyu insan ve çevre sağlığına zararlı hale getirebilmektedir. Bu nedenle, organik boya içeren atıksu, çevreye deşarj edilmeden önce uygun yöntemler ile arıtılmalıdır. Biyolojik, kimyasal ve fiziksel oksidasyon prosesleri, su arıtımında kullanılan önemli yöntemler arasındadır. Biyolojik bozunum yöntemi çevresel faktörlere karşı çok hassastır. Yavaş ve genellikle öngörülemeyen sonuçlar üretir. Organik madde derişimi yüksek olan atıksuda yeterli arıtım sağlanamaz. Aktif karbon benzeri adsorban materyaller kullanılarak, fiziksel yöntemlerle organik boyalar atıksudan giderilebilir. Fakat, adsorbanların arıtım sonrası atıksudan ayrılması ve tekrar kullanım için rejenerasyonu gerekmektedir. Bu da adsorbanların atıksu arıtımındaki kullanım potansiyelini kısıtlamaktadır. Kimyasal yöntemlerin, yüksek miktarda kimyasal madde gerektirmesi ve büyük miktarlarda çamur üretmesi nedeniyle pahalı olduğu bilinmektedir. Bu gibi durumlarda, organik boyaların atıksudan giderimi için daha etkili yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Reaktif ve yüksek oksitleme gücüne sahip aktif radikallerin üretilmesi temeline dayalı

fotokatalitik bozunum yöntemi, umut verici bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Fotokatalitik bozunum yönteminde, organik boyalar yarıiletken fotokatalizör üzerinde CO_2 ve H_2O 'ya ayrıştırılarak atıksudan giderilmektedir.²⁴

Fotokatalitik etkinlik, yarıiletken malzemenin bant aralığı enerjisine eşit ya da daha fazla enerjiye sahip radyasyona maruz kalarak uyarılmasıdır. Radyasyona maruz kalan yarıiletken malzemenin değerlilik bandında bulunan bir elektron uyarılarak boş iletim bandına geçmekte ve beraberinde değerlilik bandında elektron boşluğu oluşturmaktadır. İletim bandındaki serbest elektron (e^-) ve değerlilik bandındaki elektron boşluğu (h^+), fotokatalitik bozunmaya neden olan aktif türlerin oluşmasına neden olmaktadır. Her iki yük taşıyıcı (e^- ve h^+), fotokatalizör yüzeyine hareket eder ve yarıiletken yüzeyine tutunan moleküller ile reaksiyona girer. İletim bandına uyarılan serbest elektron (e^-), indirgenme reaksiyonu ile oksijeni süperoksit ve hidroperoksit radikallerine; değerlilik bandındaki elektron boşluğu (h^+) ise yükseltgenme reaksiyonu ile suyu hidroksil radikallerine çevirmektedir. Oluşan reaktif türler (süperoksit, hidroperoksit ve hidroksil radikalleri), yarıiletken malzeme ile temas eden bileşenlerin bozunmasına neden olmaktadır.²⁵

Fotokatalitik bozunum yöntemi ile atıksudan organik boyaların giderimi için TiO_2 , ZnO , CeO_2 , ZrO_2 , WO_3 , V_2O_5 , Fe_2O_3 , SiC , CdS ve ZnS benzeri yarıiletkenler üzerine araştırmalar yürütülmektedir. Çalışılan yarıiletkenler arasında titanyum dioksit (TiO_2), biyolojik ve kimyasal kararlılığı, UV ışığı altındaki yüksek fotokatalitik etkinliği ve düşük maliyeti nedeniyle 1972 yılından günümüze kadar fotokatalitik çalışmalarda yoğun bir şekilde yer almaktadır. Anataz (tetragonal), rutil (tetragonal), brokit (ortorombik) ve TiO_2 (B) (monoklinik) olarak adlandırılan dört ayrı faz şeklinde bulunabilen TiO_2 , anataz fazında diğer fazlara göre daha yüksek fotokatalitik etkinlik göstermektedir. Titanyum dioksit nanoparçacıkları içeren polimer kompozitler, TiO_2 'nin fotokatalitik yeteneği nedeniyle, su arıtımı, kendi kendini temizleyen malzeme üretimi ve polimerin katı-faz fotokatalitik bozunması gibi çeşitli çevresel sorunları çözmek için incelenmiştir.²⁶

TiO_2 fotokatalizörü üzerine yapılan araştırmalar, kapsamlı ve son derece etkili uygulamasında hâlâ birçok sorunun bulunduğunu ortaya koymuştur. TiO_2 'nin, geniş bant aralığı (3.2 eV) ve fotolitik yükseltgenmesi sonucu oluşan elektron-boşluk çiftlerinin hızlıca tekrar birleşmesi, bu yarıiletken malzemenin araştırma ve uygulama

²⁴ Hadis Zangeneh, Ali Akbar Zinatizadeh and Mohamed Hasnain Isa, "Photocatalytic oxidation of organic dyes and pollutants in wastewater using different modified titanium dioxides: A comparative review," *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 26 (2015): 2.

²⁵ Mohamed Barakat and Rajev Kumar, *Photocatalytic Activity Enhancement of Titanium Dioxide Nanoparticles Degradation of Pollutants in Wastewater* (New York: Springer, 2016), 1-2.

²⁶ Barakat, *Photocatalytic oxidation of organic dyes*, 3-4.

potansiyelini kısıtlamaktadır.²⁷ Güneş ışığının geniş spektrumundan daha iyi faydalanabilmek ve TiO₂'nin fotokatalitik yükseltgenmesi ile oluşan elektron-boşluk çiftlerinin tekrar birleşme hızını azaltmak için iletken polimer uygulaması, metal katkılama ve farklı yarıiletken fotokatalizör ile birlikte uygulama yönünde çalışmalar sürdürülmektedir.²⁸ İletken polimerler ve iletken polimer matrisli kompozitler, metale yakın elektrik iletkenliği ile önemli bir araştırma konusudur. Çok sayıdaki iletken polimerler arasında polianilin, düşük maliyetli olması, ortam koşullarına dayanıklı olması, kontrol edilebilen geri dönüşümlü elektriksel özellikleri nedeniyle ön plana çıkmaktadır. Protonik asit katkılaması ile yalıtkan halden iletken hale geçebilmektedir. Belirtilen özellikler polianilin'in sensör ve mikroelektronik gibi potansiyel uygulamalar için etkin bir malzeme olmasını sağlamaktadır.²⁹ Sampreeth vd. (2018), polianilin kompoziti seryum katkılı TiO₂ varlığında kimyasal oksidatif polimerizasyon yöntemi ile sentezlemiştir. Polianilin'in elektriksel özellikleri, TiO₂ katkısı ile gelişmiştir.³⁰ Elsayed ve Gobara (2018) katkılı polimerizasyon yöntemi ile stronsiyum ile katkılanmış TiO₂ varlığında polianilin kompozit sentezlemiştir. Kompozitin fotokatalitik etkinliği kompoziti oluşturan bileşenlerin fotokatalitik etkinliğinden yüksektir. Dar bant aralığına sahip iletken bir polimer olan polianilin, TiO₂ üzerinde yükseltgenme ile oluşan elektron-boşluk çiftinin tekrar birleşmesini engelleyerek fotokatalitik etkinliği geliştirmiştir.³¹ Hung vd. (2017) TiO₂ ve karbonnanotüp (CNT) nanoparçacıkları içeren polianilin kompozit sentezlemiştir. Fotokatalizörün katalitik etkinliği CNT ve polianilin katkısı ile iyileştirilmiştir. Fotokatalizörün, iletken polimer ile teması, serbest yük taşıyıcılarının ara yüzey transferini sağlayarak fotokatalitik etkinliği artırmaktadır.³²

Çalışma kapsamında katkılı polimerizasyon yöntemi ile TiO₂ nanoparçacık varlığında polianilin kompozitleri hazırlanmıştır. Hazırlanan kompozitlerin

²⁷ Ya Liu, Yidan Shi, Xiang Liu and Hexing Li, "A facile solvothermal approach of novel Bi₂S₃/TiO₂/RGO composites with excellent visible light degradation activity for methylene blue," *Applied Surface Science* 396 (2017): 59.

²⁸ Yu-Chen Lin, Tzu-En Chien, Po-Chih Lai, Yu-Hsien Chiang, Kun-Lin Li and Jong-Liang Lin, "TiS₂ transformation into S-doped and N-doped TiO₂ with visible-light catalytic activity," *Applied Surface Science* 359 (2015): 2.

²⁹ Thayyil Sampreeth, Mahdi Al-Maghrabi and Bijal Bahuleyan, "Synthesis, characterization, thermal properties, conductivity and sensor application study of polyaniline/cerium-doped titanium dioxide nanocomposites," *Journal of Materials Science* 53:1 (2018): 593.

³⁰ Sampreeth, "Synthesis, characterization, thermal properties," 594-95.

³¹ Mohamed Elsayed and Mohamed Gobara, "Enhancement removal of tartrazine dye using HCl-doped polyaniline and TiO₂-decorated PANI particles," *Materials research Express* 3:8 (2016): 85301.

³² Chung-Hsuang Hung, Ching Yuan and Huei-Wen Li, "Photodegradation of diethyl phthalate with PANI/CNT/TiO₂ immobilized on glass plate irradiated with visible light and simulated sunlight-effect of synthesized method and pH," *Journal of Hazardous Materials* 322 (2017): 243.

fotokatalitik performansı metilen mavisinin UV ışığı altındaki fotokatalitik bozunumu ile değerlendirilmiştir. Organik boyaların fotokatalitik bozunumu sonrası Pani/TiO₂ fotokatalizör sisteminin, fotokatalizör (TiO₂) nanoparçacıklarına göre sudan ayrılmasının daha kolay olması nedeniyle, hazırlanacak kompozit sistemlerinin atık su arıtımındaki kullanım potansiyeli mümkün olacaktır. Fotokatalizör, kompozit yapısı içerisinde ortam koşullarından daha az etkilenerek fotokatalitik etkinliğini daha uzun sürdüreceği öngörülmektedir.

Deneysel Çalışmalar

Bu çalışma kapsamında; Titanyum dioksit (TiO₂) nanoparçacıkları varlığında polianilin (Pani) kompozitleri katkılı polimerizasyon yöntemi ile sentezlenmiştir. Pani/TiO₂ kompozitleri farklı kompozisyonlarda hazırlanmıştır. Polianilin matrisi içerisindeki fotokatalizör kompozisyonunun, kompozitin fotokatalitik etkinliği üzerindeki etkileri çalışılmıştır. Çalışmada kullanılan TiO₂ nanoparçacıkları (anataz, <25 nm) Sigma-Aldrich'den temin edilmiştir. Ayrıca, polianilin sentezi için gerekli olan anilin hidroklorür (monomer) ve amonyum peroksidisülfat (oksidant) Sigma-Aldrich'den temin edilmiştir. TiO₂ nanoparçacık varlığında polianilin kompozitleri sentezlemek için anilin hidroklorür (monomer) distile su içerisinde karıştırılarak 0.04M'lık çözelti hazırlanmıştır. Ağırlıkça %10, 20 ve 30 oranlarında fotokatalizöre karşılık gelen ağırlıkta TiO₂ nanoparçacıkları ayrı ayrı anilin hidroklorür çözeltilisine eklenerek, ultrasonik banyo içerisinde dağıtılmıştır. Aynı zamanda, amonyum peroksidisülfat distile su içerisine eklenerek 0.05M'lık oksidant çözeltisi hazırlanmıştır. Oksidant çözeltisinin, monomer çözeltilisine eklenmesi ile polimerizasyon reaksiyonu başlamıştır. Hazırlanan karışım 24 saat süre ile oda sıcaklığında karıştırılarak, reaksiyon sonunda koyu yeşil renkte kompozit süspansiyon halinde elde edilmiştir. Kompozit filtre edilerek çözeltiden ayrıldıktan sonra, sırasıyla HCl ve aseton ile yıkanmıştır. Son olarak, kompozit 60°C'de 24 saat süre ile kurutulmuştur.³³

Pani/TiO₂ kompozit sistemlerinin fotokatalitik etkinlikleri, model boya olarak seçilen metilen mavisinin sudaki çözeltisinin UV ışığı altındaki bozunumunun izlenmesi ile değerlendirilmiştir. Kompozit numuneleri, metilen mavisinin sudaki çözeltisine eklenmiştir ve UV lamba ile sağlanan UV ışığına maruz bırakılmıştır. Fotokatalitik bozunum çalışmalarında 30W gücünde UVC lamba kullanılmıştır. Belirli zaman aralıklarında, boya çözeltilisinden örnekler alınmıştır ve UV spektroskopisi (Genesys 10S UV-VIS spektrofotometre) ile metilen mavisinin çözelti derişimi belirlenmiştir. Kompozitlerin morfolojisi QUANTA 400F model taramalı elektron

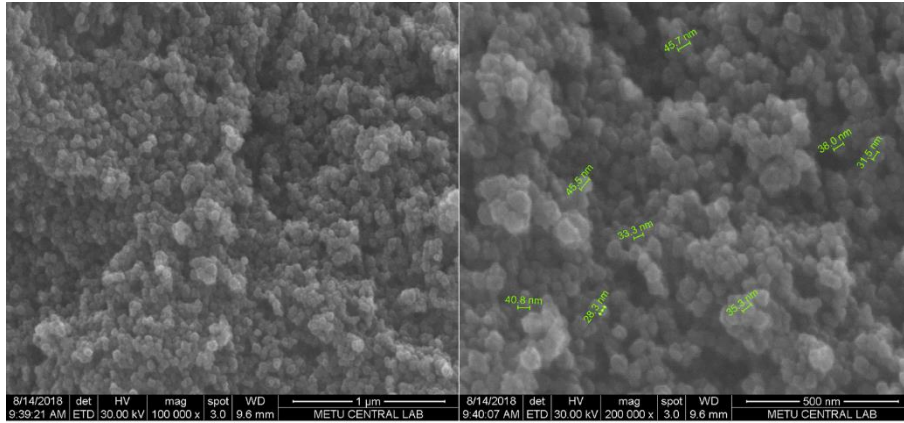
³³ Ozcan Koysuren, Chunsheng Du, Ning Pan and Goknur Bayram, "Preparation and Comparison of Two Electrodes for Supercapacitors: Pani/CNT/Ni and Pani/Alizarin-Treated Nickel," *Journal of Applied Polymer Science* 113 (2019): 1072-73.

mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. Ayrıca, Genesys 10S model UV-Vis spektrofotometre ile kompozitlerin UV-Vis absorbands grafikleri elde edilmiştir. Elde edilen grafikler, kompozitlerin optik özelliklerinin incelenmesinde kullanılmıştır.

Sonuçlar ve Yorumları

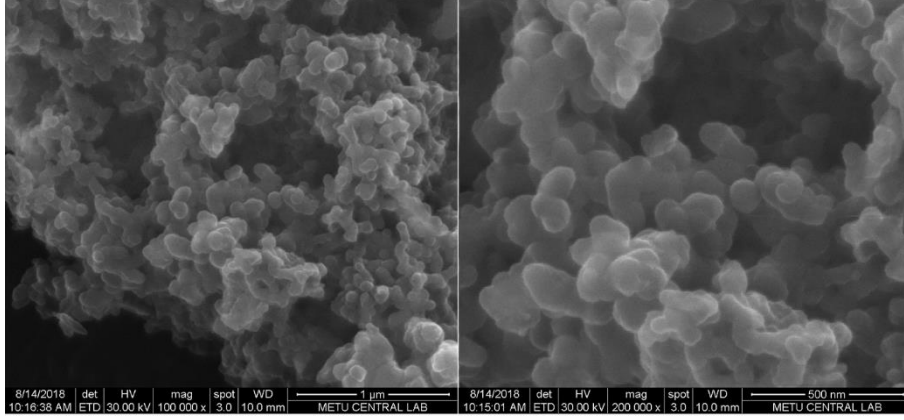
1. Morfoloji Analizi

Numunelerin morfolojisi SEM analizi ile değerlendirilmiştir. TiO_2 'ye ait SEM görüntüleri, TiO_2 nanoparçacıklarının kümeleşme eğiliminde olduğunu ortaya koymuştur. Ortalama 200 nm civarında TiO_2 kümeleri SEM fotoğraflarında net bir şekilde görülmektedir (Şekil 1). Pani/ TiO_2 kompozitlerine ait SEM görüntüleri, TiO_2 nanoparçacıklarının düzgün bir şekilde polianilin tabakası ile kaplandığını ortaya koymuştur. Ayrıca, polianilin matriks içerisinde TiO_2 nanoparçacıklarının homojen bir şekilde dağıldığı görülmektedir (Şekil 2 ve 3). Kompozit içerisindeki Pani miktarına bağlı olarak TiO_2 nanoparçacıklarının etrafını kaplayan polimer tabakasının kalınlığı da gözle görülür şekilde artmıştır. SEM görüntülerine bakarak, TiO_2 nanoparçacıklarının Pani matriksi ile iyi etkileşim içinde olduğu ifade edilebilir. Pani ve TiO_2 arayüzey etkileşiminin yüksek olması, kompozit bileşenlerinin fotokatalitik etkinlik üzerindeki sinerji etkisi bakımından önemlidir. TiO_2 nanoparçacıkları ile iletken polimer zincirlerinin temasının artması ile; UV ışığı altında fotokatalizör yüzeyinde oluşan serbest yük taşıyıcılarının tekrar birleşmesi engellenebilir ve beraberinde TiO_2 'nin fotokatalitik etkinliği iyileştirilebilir.³⁴

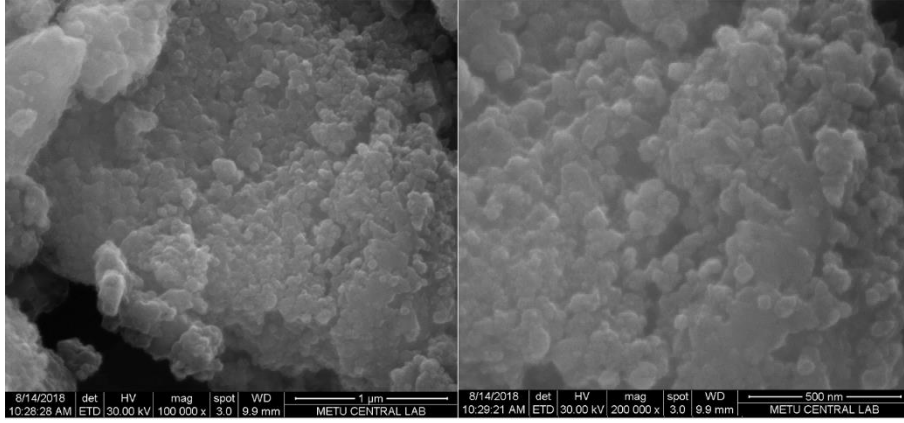


Şekil 1. Saf TiO_2 'ye ait SEM fotoğrafları

³⁴ Wei Li, Yi Tian, Chenhui Zhao, Qiuyu Zhang and Wangchang Geng, "Synthesis of magnetically separable $Fe_3O_4@PANI/TiO_2$ photocatalyst with fast charge migration for photodegradation of EDTA under visible-light irradiation," *Chemical Engineering Journal* 303 (2016): 283-84.

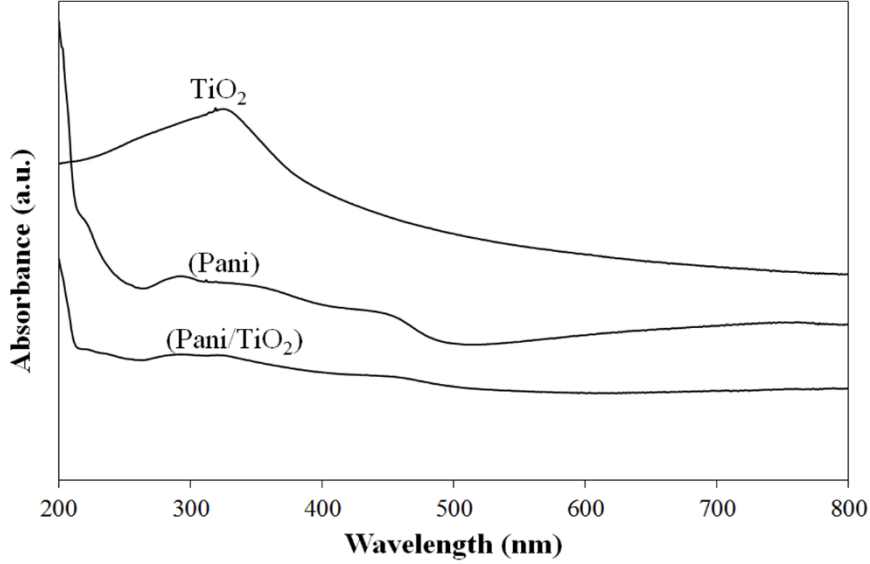


Şekil 2. Ağırlıkça %10 oranında TiO₂ içeren Pani/TiO₂ kompozite ait SEM fotoğrafları



Şekil 3. Ağırlıkça %30 oranında TiO₂ içeren Pani/TiO₂ kompozite ait SEM fotoğrafları

2. UV-Vis Spektroskopi Analizi ve Optik Özellikler



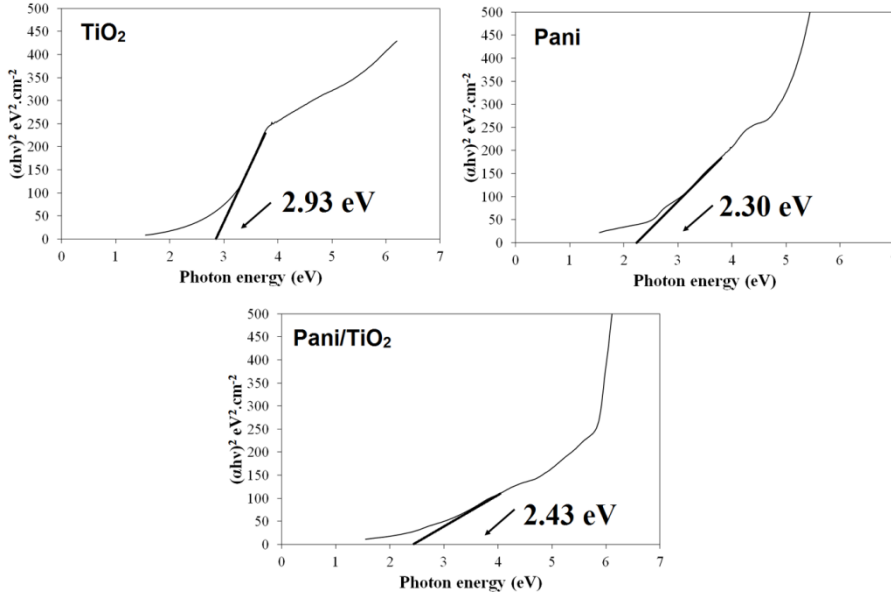
Şekil 4. TiO₂, Pani ve Pani/TiO₂ (ağ.%30) kompozitlerine ait UV-Vis absorbans grafiği

TiO₂, Pani ve Pani/TiO₂ (ağ.%30) kompozitlerinin UV-Vis spektroskopi analizleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 4'e göre TiO₂ fotokatalizör, gelen ışığın büyük kısmını yaklaşık 300 nm dalgaboyunda absorbe etmiştir. Bu absorpsiyon pikinin Ti-O gerilim titreşimlerine karşılık geldiği düşünülmektedir. Pani gelen ışığın büyük çoğunluğunu 500 nm dalgaboyunun altında absorbe etmiştir. Pani'nin UV-Vis spektroskopi grafiğinde, 250 nm ile 400 nm arasında geniş bir absorpsiyon piki görülmektedir. Polianilin zincirindeki benzenoid yapılarının belirtilen absorpsiyon pikine neden olduğu düşünülmektedir.³⁵ Polianilin katkısı ile TiO₂'nin ışık absorpsiyon alanı genişlemiştir ve de görünür ışık bölgesine kaymıştır. Bu durum, kompozitin güneş ışığı altındaki fotokatalitik performansını olumlu yönde etkileyecektir. Ayrıca, güneş ortamında kullanım potansiyelini artıracaktır. Numunelerin optik bant aralığı enerjisi, UV-Vis spektroskopi verileri ile Tauc çizimi üzerinden tahmin edilmeye çalışılmıştır.³⁶ Tauc çizimine göre TiO₂, Pani ve Pani/TiO₂ kompozitinin optik enerji bant aralığı değeri sırasıyla, 2.93 eV, 2.30 eV ve 2.43 eV olarak elde edilmiştir (Şekil 5).

³⁵ Smritimala Sarmah and Ashok Kumar, "Photocatalytic activity of polyaniline-TiO₂ nanocomposites," *Indian Journal of Physics* 85:5 (2011): 714.

³⁶ Sofia Javed, Mohammad Islam and Mohammad Mujahid, "Synthesis and characterization of TiO₂ quantum dots by sol gel reflux condensation method," *Ceramics International* 45:2 (2019): 2677-78.

TiO₂ ile karşılaştırıldığında, Pani/TiO₂ kompozitinin optik bant aralığı daralmıştır. Bu durum fotokatalizörün, kompozit yapısı içerisinde ışığı absorbe edebilme özelliğini iyileştirmektedir. Yüksek absorpsiyon kabiliyeti, fotokatalitik performans bakımından önemlidir.



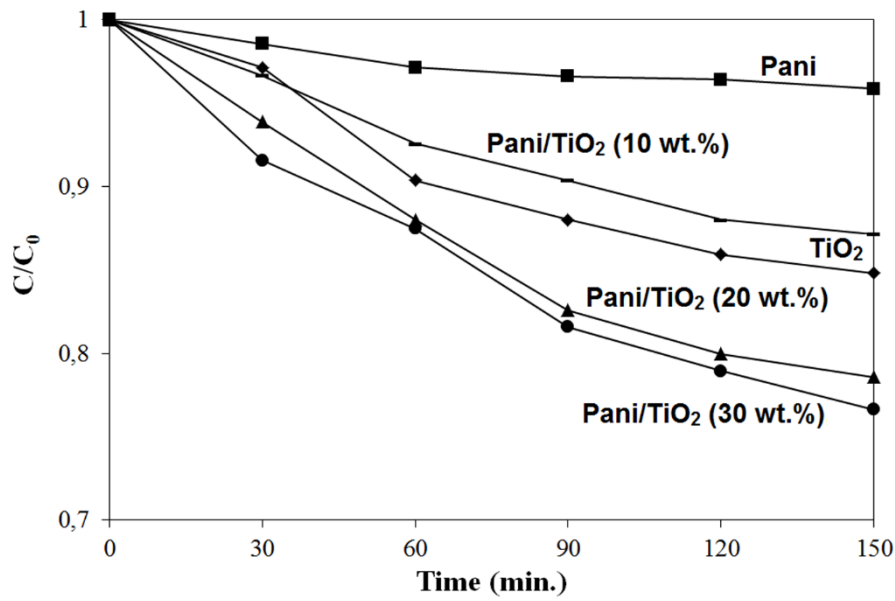
Şekil 5. TiO₂, Pani ve Pani/TiO₂ (ağ.%30) kompozitlerine ait Tauc çizimleri

3. Fotokatalitik Performans

TiO₂, Pani, Pani/TiO₂ sistemleri kullanılarak metilen mavisinin fotokatalitik bozunumu Şekil 6 gösterilmektedir. Polianilin 150 dk. UV ışınması sonunda %5'in altında boya giderimi sağlanmıştır. Saf polimerin fotokatalitik etkinlik için tek başına kullanım potansiyeli düşüktür ve elde edilen sonuç bu durumu teyit etmektedir.³⁷ TiO₂ ise tek başına 150 dk. UV ışınması altında yaklaşık %15 boya giderimi sağlamıştır. Saf polianiline göre daha yüksek fotokatalitik performans elde edilmiştir. Ağırlıkça %10, ağ.%20 ve ağ.%30 TiO₂ nanoparçacıkları içeren kompozitler 150 dk. UV ışınması sonrası sırasıyla %13, %21 ve %23 boya giderimi sağlamıştır. Kompozit yapısı içerisinde daha yüksek fotokatalitik performans elde edilmiştir. TiO₂ nanoparçacıkları ile iletken polimer olan polianilin temas ettirildiğinde, fotokatalizör

³⁷ Surbhi Sharma and Neeraj Khare, "Sensitization of narrow band gap Bi₂S₃ hierarchical nanostructures with polyaniline for its enhanced visible-light photocatalytic performance," *Colloid and Polymer Science* 296:9 (2018): 1485.

üzerinde fotolitik yükseltgenme ile oluşan serbest yük taşıyıcılarının tekrar birleşmesi engellenmektedir. Yük taşıyıcılarının tekrar birleşmesini engelleyen her türlü etki fotokatalitik performansı iyileştirmektedir. UV ışınması ile polianilin üzerinde oluşan elektronlar, TiO_2 'ye aktarılmaktadır. Ayrıca, TiO_2 üzerinde oluşan elektron boşlukları, polianilin'e transfer edilmektedir. Böylece, fotokatalizör üzerinde oluşan serbest yük taşıyıcılarının tekrar birleşmesi engellenmekte ve fotokatalitik bozunum reaksiyonları için gerekli serbest yük taşıyıcılarının miktarı korunmaktadır.³⁸



Şekil 6. Pani, TiO_2 ve Pani/ TiO_2 kompozitlerinin UV ışığı altında zamana bağlı boya bozunum değerleri

Metilen mavisinin TiO_2 , Pani ve Pani/ TiO_2 kompozitleri ile fotokatalitik bozunum reaksiyon kinetiği, aşağıdaki verilen yalancı birinci derecede kinetik denklemi kullanılarak değerlendirilmiştir:³⁹

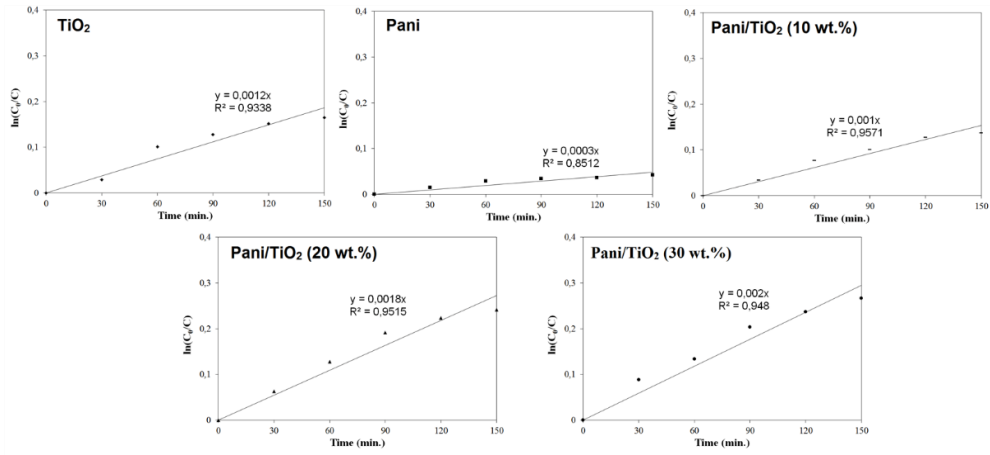
$$\ln(C_0/C_t) = kt \quad (1)$$

C_0 ve C_t , sırasıyla başlangıçtaki ve UV ışınması sonrası boya derişimini ifade etmektedir. Ayrıca, t zamanı ve k ise reaksiyon hız sabitini ifade etmektedir.

³⁸ Li, "Synthesis of magnetically separable," 286-88.

³⁹ Mahbobeh Rahmani and Tahereh Sedaghat, "A Facile Sol-Gel Process for Synthesis of $ZnWO_4$ Nanoparticles with Enhanced Band Gap and Study of Its Photocatalytic Activity for Degradation of Methylene Blue," *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials* 29:1 (2019): 226.

Reaksiyon hız sabitinin belirlenmesi için $\ln(C_0/C_t)$ 'a karşılık zaman (t) grafiği çizilmiştir (Şekil 7). Pani ile 0.0003 dk^{-1} 'lık ve TiO_2 ile 0.0012 dk^{-1} 'lık boya giderim hızları elde edilmiştir. Polianilin ile TiO_2 'nin sinerji etkisi sayesinde kompozitler daha yüksek boya giderim hızları göstermiştir. TiO_2 içeriğindeki artışa paralel olarak boya giderim hızları da artmıştır. En yüksek boya giderim hızı (0.002 dk^{-1}) ağırlıkça %30 oranında TiO_2 içeren kompozit ile elde edilmiştir. 1'e yakın yüksek R^2 değerleri elde edilmiştir. Bu durum metilen mavisinin fotokatalitik bozunum reaksiyon kinetiğinin, yalancı birinci derecede kinetik modeline uygunluğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 7. Pani, TiO_2 ve Pani/ TiO_2 kompozitlerinin boya bozunum kinetikleri

Kaynakça

- Barakat, Mohamed and Kumar, Rajev. *Photocatalytic Activity Enhancement of Titanium Dioxide Nanoparticles Degradation of Pollutants in Wastewater*. New York: Springer, 2016.
- Elsayed, Mohamed. and Gobara, Mohamed. "Enhancement removal of tartrazine dye using HCl-doped polyaniline and TiO_2 -decorated PANI particles." *Materials Research Express* 3:8 (2016): 85301-85316.
- Hung, Chung-Hsuang., Yuan, Ching. and Li, Huei-Wen. "Photodegradation of diethyl phthalate with PANi/CNT/ TiO_2 immobilized on glass plate irradiated with visible light and simulated sunlight-effect of synthesized method and pH." *Journal of Hazardous Materials* 322 (2017): 243-253.

- Javed, Sofia., Islam, Mohammad. and Mujahid, Mohammad. “Synthesis and characterization of TiO₂ quantum dots by sol gel reflux condensation method.” *Ceramics International* 45:2 (2019): 2676-2679.
- Koysuren, Ozcan., Du, Chunsheng., Pan, Ning. and Bayram, Goknur. “Preparation and Comparison of Two Electrodes for Supercapacitors: Pani/CNT/Ni and Pani/Alizarin-Treated Nickel.” *Journal of Applied Polymer Science* 113 (2019): 1070-1081.
- Li, Wei., Tian, Yi., Zhao, Chenhui., Zhang, Qiuyu. and Geng, Wangchang. “Synthesis of magnetically separable Fe₃O₄@PANI/TiO₂ photocatalyst with fast charge migration for photodegradation of EDTA under visible-light irradiation.” *Chemical Engineering Journal* 303 (2016): 282-291.
- Lin, Yu-Chen., Chien, Tzu-En., Lai, Po-Chih., Chiang, Yu-Hsien., Li, Kun-Lin. and Lin, Jong-Liang. “TiS₂ transformation into S-doped and N-doped TiO₂ with visible-light catalytic activity.” *Applied Surface Science* 359 (2015): 1–6.
- Liu, Ya., Shi, Yidan., Liu, Xiang. and Li, Hexing. “A facile solvothermal approach of novel Bi₂S₃/TiO₂/RGO composites with excellent visible light degradation activity for methylene blue.” *Applied Surface Science* 396 (2017): 58-66.
- Rahmani, Mahbobeh. and Sedaghat, Tahereh. “A Facile Sol–Gel Process for Synthesis of ZnWO₄ Nanoparticles with Enhanced Band Gap and Study of Its Photocatalytic Activity for Degradation of Methylene Blue.” *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials* 29:1 (2019): 220-228.
- Sampreeth, Thayyil., Al-Maghrabi, Mahdi. and Bahuleyan, Bijal. “Synthesis, characterization, thermal properties, conductivity and sensor application study of polyaniline/cerium-doped titanium dioxide nanocomposites.” *Journal of Materials Science* 53:1 (2018): 591-603.
- Sarmah, Smritimala. and Kumar, Ashok. “Photocatalytic activity of polyaniline-TiO₂ nanocomposites.” *Indian Journal of Physics* 85:5 (2011): 713-726.
- Sharma, Surbhi. and Khare, Neeraj. “Sensitization of narrow band gap Bi₂S₃ hierarchical nanostructures with polyaniline for its enhanced visible-light photocatalytic performance.” *Colloid and Polymer Science* 296:9 (2018): 1479-1489.
- Zangeneh, Hadis., Zinatizadeh, Ali Akbar and Isa, Mohamed Hasnain. “Photocatalytic oxidation of organic dyes and pollutants in wastewater using different modified titanium dioxides: A comparative review.” *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 26 (2015): 1-36.

KLASİK VE BULANIK GÖRÜNTÜ İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİNİ BİRLİKTE KULLANARAK GÖRÜNTÜDEKİ KARŞITLIĞI ARTIRMAK

Dr. Öğretim Üyesi Pelin ALTINIŞIK
Samsun Üniversitesi

Özet: Görüntü iyileştirme, görüntü işlemedeki temel görevlerden biridir. Görüntü iyileştirme yöntemlerinden biri görüntü karşıtlığını artırmaktır. Düşük karşıtlıklı görüntüler, zayıf aydınlatmadan veya görüntüleme cihazlarının fiziksel özelliklerinden dolayı ortaya çıkabilmektedirler. Düşük karşıtlığa sahip görüntülerin görünürlüğü iyi olmamaktadır. Bu görüntüler, dar dinamik aralığa sahiptirler. Dinamik aralığı genişleterek karşıtlık miktarını artırmak için kullanılan klasik ve bulanık yöntemler vardır. Görüntü karşıtlığını artırmak için kullanılan bulanık yöntemlerden biri, karşıtlık kuvvetlendirme operatörüdür. Esas düşünce, görüntü bulanıklığının miktarını azaltmaktır. Bulanık operatörün uygulanması sonucu oluşan histogram genişlemektedir; ama, histogram, tam aralığı kapsayamamaktadır. Yüksek karşıtlıklı görüntülerin pikselleri, tam aralıkta yer almaktadır. Bu amaçla, bulanık yöntem uygulandıktan sonra klasik karşıtlık yayma işlemi yapılmaktadır. Böylece, düşük karşıtlıklı görüntüden yüksek karşıtlıklı görüntü elde edilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Görüntü iyileştirme, görüntü karşıtlığı, karşıtlık kuvvetlendirme operatörü, karşıtlık yayma.

Increasing Image Contrast by Using Classic and Fuzzy Image Enhancement Methods

Abstract: Image enhancement is one of the fundamental tasks in image processing. One of the image enhancement methods is to increase image contrast. Low contrast images can result from poor illumination or the physical properties of imaging devices. The visibility of low contrast images is not good. These images have a narrow dynamic range. There are classical and fuzzy methods used to increase the amount of contrast by expanding the dynamic range. One of the fuzzy methods used to increase image contrast is the contrast intensification operator. The main idea is to reduce the amount of image fuzziness. Using the fuzzy operator expands the histogram. But the histogram cannot cover the full range. For this purpose, classical contrast stretching is

performed after the fuzzy method is applied. Thus, a high contrast image can be obtained from a low contrast image.

Keywords: Image enhancement, image contrast, contrast intensification operator, contrast stretching.

1.Giriş

Görüntü iyileştirme; görüntüye ilişkin onarma, sıkıştırma, çözümlenme, tanıma gibi görüntü işleme alanlarından biridir. Görüntü iyileştirme; histogramı yayarak karışıklığı artırmak, görüntüdeki gürültüyü gidererek görüntüyü yumuşatmak ve kenarları belirleyerek görüntüyü keskinleştirmek gibi yöntemleri içermektedir.

İkili mantık, gerçek dünyanın belirsizliğini anlatmakta yetersizdir. Eksik ve belirsizlik içeren bilgilerin bulunduğu en karmaşık sistemleri tanımlaması özelliğinden dolayı bulanık sistemler, görüntü işleme problemlerine uygulanmaktadırlar. Bulanık görüntü işleme, giriş ve çıkışın görüntü olduğu bir bilgi işleme şeklidir. Görüntüyü bulanık küme olarak algılayıp işlemektedir. Bulanık görüntü işleme, üç ana aşamaya ayrılmaktadır: Görüntü bulanıklaştırma, üyelik değerlerinin değiştirilmesi ve görüntüyü bulanıklıktan kurtarma (Mahashwari ve Asthana, 2013:2).

Görüntü karışıklığı, görüntüdeki açık ve koyu alanlar arasındaki fark miktarıdır. Karışıklık, görüntünün kalitesidir. Gri seviyeli bir görüntüde siyah ve beyaz arasındaki karışıklık aralığı genişledikçe, gri tonlar daha rahat görülmektedir. Karışıklık artarsa nesnelere daha iyi ayırt edilmekte ve yüksek karışıklıklı görüntü elde edilmektedir. Yüksek karışıklıklı görüntünün histogramında pikseller, eşit piksel sayılarıyla tüm gri seviye eksenine yayılmaktadırlar. Pikseller, histogramın orta kısmında dar bir bölgede yoğunlaşmışsa düşük karışıklıklı görüntü söz konusu olmaktadır. Dolayısıyla, dar dinamik aralığa sahiptirler. Düşük karışıklıklı görüntüler, zayıf aydınlatmadan veya görüntüleme cihazlarının fiziksel özelliklerinden dolayı ortaya çıkabilmektedirler. Düşük karışıklığa sahip görüntülerin görünürlüğü iyi olmamaktadır. Çünkü, benzer gri seviyelere ve çok az siyah ve beyaz bölgelere sahiptirler. Bu tür görüntülerde, nesnelere belirgin biçimde ayırt edilememekte ve ayrıntılar seçilememektedir.

Medikal uygulamalarda, uzay araştırmalarında, endüstride, coğrafyada, arkeolojide, fizik ve biyolojide elde edilen görüntülerdeki yararlı bilgilerin elde edilmesi büyük önem taşımaktadır. Yüksek karışıklıklı görüntüler, net; düşük karışıklıklı görüntüler, bulanık olarak düşünülmektedir. İnsanın görüntüyü tanıması amacıyla, görüntünün yüksek karışıklık özelliğine sahip olması istenmektedir. Bilgisayarlar, yüksek karışıklığa sahip görüntülerde en iyi verime sahiptirler. Ancak, bulanık kümelerle dayalı algoritmalar her iki tür görüntüde de başarılıdırlar (Ross, 2010: 431).

Histograma uygulanan işlemlerle karşıtlığı zenginleştirmek mümkün olmaktadır. Dinamik aralığı genişleterek karşıtlık miktarını artırmak için uygulanan klasik ve bulanık yöntemler bulunmaktadır.

Klasik yöntemlerden biri karşıtlık yaymadır. Karşıtlık yayma yönteminde; gri skalanın orta bölgesinde dar biçimde yer alan görüntü histogramı, istenen aralığa ($[s_1, s_2]$) yayılmaktadır. Genellikle $[s_1, s_2] = [0, L-1]$ yani tam aralık olmaktadır. 8 bitlik görüntü için gri seviye sayısı $L= 256$ iken tam aralık $[0, 255]$ olmaktadır. Böylece, kullanılmayan gri seviye değerleri kullanılarak görüntü iyileştirilebilmektedir.

Görüntü karşıtlığını artırmak için kullanılan bulanık yaklaşımlardan biri, bulanıklığın minimize edilmesidir. Bu yöntemde karşıtlık kuvvetlendirme operatörü kullanılmaktadır. Esas düşünce, görüntü bulanıklığının miktarını azaltmaktır. Genel algoritma, aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir:

1. Bulanıklaştırmak: Gri seviyeler, (1.1) eşitliği yardımıyla bulanıklaştırılmaktadır.

$$\mu(g)=g/L \quad (1.1)$$

(1.1)' deki eşitlikte g , görüntüdeki gri seviye değerini; L , gri ölçek yani gri seviyelerin toplam sayısını ve $\mu(g)$, üyelik işlevi olup parlaklık derecesini göstermektedir.

2. Üyelik değerini değiştirmek: $\mu(g)$ değerleri, (1.2) eşitliğinde verilen kuvvetlendirme operatörü yardımıyla değiştirilmektedir. Bu işlem, 0.5' ten büyük $\mu(g)$ değerlerini artırarak ve 0.5' ten küçük $\mu(g)$ değerlerini azaltarak bulanık kümenin bulanıklığını azaltmaktadır (Pal ve King, 1981: 377).

$$\mu'(g) = \begin{cases} 2[\mu(g)]^2 & \text{eğer } 0 \leq \mu(g) \leq 0.5 \\ 1 - 2[1 - \mu(g)]^2 & \text{eğer } 0.5 \leq \mu(g) \leq 1 \end{cases} \quad (1.2)$$

(1.2) ifadesindeki $\mu'(g)$, kuvvetlendirme operatörü uygulanarak elde edilen üyelik değeridir (Florea vd., 2009:1140).

3. Bulanıklıktan kurtarmak: (1.3) eşitliğiyle gri seviyelerin yeni değerleri bulunmaktadır.

$$g'=\mu'(g)L \quad (1.3)$$

(1.3) eşitliğindeki g' , kuvvetlendirme operatörü uygulandıktan sonra elde edilen gri seviye değeridir.

Bir görüntüye karşıtlık kuvvetlendirme operatörü uygulamak, bulanıklığın azaldığı başka bir görüntü oluşturmaktadır (Vani vd., 2015:286).

Bu süreçteki her bir eşitlik değiştirilerek farklı bir yaklaşım elde edilmektedir (De ve Chatterji, 1998: 149). Bulanıklaştırma ve bulanıklıktan kurtarma işlemleri değiştirilerek yeni bir yaklaşım yapmaktadır (Tizhoosh, 1998: 140).

2. Önerilen Yöntem

Bu çalışmada önerilen yöntemde, düşük karışıklı görüntüye bulanık operatör uygulanmaktadır. Karışıklık kuvvetlendirme operatörünün uygulanmasıyla elde edilen histogram genişlemektedir; ama, tam aralığı kapsayamamaktadır. Yüksek karışıklı görüntülerin pikselleri, tam aralıkta yer almaktadır. Bu özellikten dolayı bulanık yöntem uygulandıktan sonra klasik karışıklık yayma işlemi yapılarak [0,255] aralığına yayılmış bir histogram elde edilebilmektedir. Bulanık ve klasik yöntemlerin art arda kullanılmasıyla düşük karışıklı görüntüden yüksek karışıklı görüntü elde edilebilmektedir.

3. Bulgular

Bu bölümde, çalışmada önerilen yol kullanılarak mevcut görüntülerin iyileştirilmesi gösterilmektedir. Mevcut görüntülerin ortak özelliği, yüksek karışıklık özelliği kazandırılmak istenmesidir.

Şekil 1.a' daki görüntüye sırasıyla, karışıklık kuvvetlendirme operatörü ve karışıklık yayma işlemi uygulanmaktadır. Bu aşama sonrası elde edilen görüntü, Şekil 1.b' de yer almaktadır. Sonuç görüntüsünün ilk görüntüden daha fazla karışıklığa sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca, Şekil 1.a' daki ilk görüntüde 43, Şekil 1.b' deki sonuç görüntüsünde ise 42 farklı gri seviye değeri vardır.

Şekil 1. a) İlk Görüntü b) Sırasıyla, Karışıklık Kuvvetlendirme Operatörü ve Karışıklık Yayma İşlemi Uygulandıktan Sonra Elde Edilen Görüntü



Tablo 1' deki 10x10 boyutlu piksel dizisi, Şekil 1.a' daki görüntünün gri ölçek yoğunluk değerleridir. Tablo 2 ise sonuç görüntüsüne ilişkin görüntü matrisidir. İlk görüntü matrisinde gri seviye değerleri, [13,166] aralığında yer almaktadır. Karışıklık kuvvetlendirme işleminden sonra karışıklık yayma işlemi uygulandığı için görüntü

matrisi [0,255] aralığına yayılmaktadır. Bu durum, sonuç görüntüsünün yüksek karışıklı olmasının sebebidir.

Tablo 1: Şekil 1.a' daki Görüntüye İlişkin 10x10 Boyutlu Piksel Dizisindeki Piksellerin Gri Ölçek Yoğunluk Değerleri

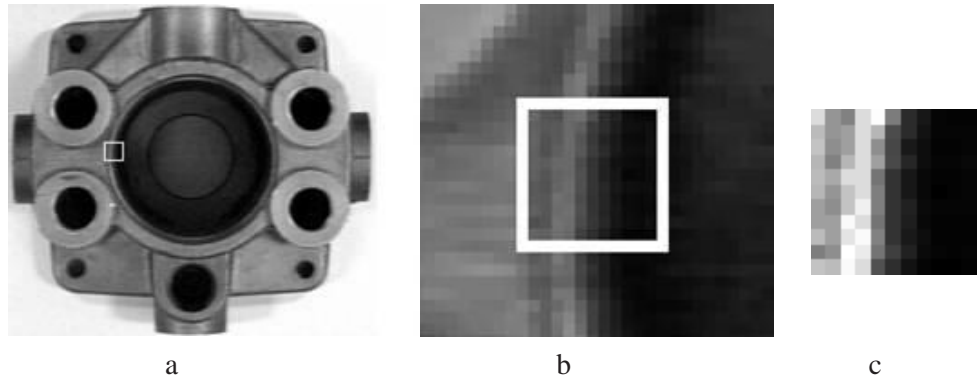
77	89	77	64	77	71	99	56	51	38
77	122	125	125	125	122	117	115	51	26
97	115	140	135	133	153	166	112	56	31
82	112	145	130	150	166	166	107	74	23
84	107	140	138	135	158	158	120	71	18
77	110	143	148	153	145	148	122	77	13
79	102	99	102	97	94	92	115	77	18
71	77	74	77	71	64	77	89	51	20
64	64	48	51	51	38	51	31	26	18
51	38	26	26	31	13	26	26	26	13

Şekil 2.a' daki görüntüde beyaz çerçeveyle ayırt edilmiş görüntü parçası Şekil 2.b' de yer almaktadır. Önerilen aşamalar uygulandığında Şekil 2.c elde edilmektedir. Şekil 2.b' deki giriş görüntüsünde 48, Şekil 2.c' deki sonuç görüntüsünde ise 37 farklı gri seviye değeri vardır. Birbirine yakın gri seviye değerleri algoritma dolayısıyla tek gri seviye değeriyle temsil edildiği için gri seviye değerlerinin sayısı azalmaktadır.

Tablo 2: Şekil 1.b' deki Görüntüye İlişkin Görüntü Matrisi

60	80	60	41	60	53	101	33	25	16
60	156	163	163	163	156	143	135	25	5
97	135	204	190	183	231	255	132	33	9
67	132	214	176	224	255	255	119	57	5
73	119	204	196	190	242	242	150	53	3
60	125	207	220	231	214	220	156	60	0
64	108	101	108	97	80	88	135	60	3
53	60	57	60	53	41	60	80	25	3
41	41	23	25	25	16	25	9	5	3
25	13	5	5	8	0	5	5	5	0

Şekil 2. a) Gri Seviye Görüntü b) Beyaz Çerçeveyle İşaretli Görüntü Parçası
c) Ardışık Olarak Karşıtlık Kuvvetlendirme Operatörü ve Karşıtlık Yayma İşlemi Uygulandıktan Sonra Elde Edilen Görüntü



Tablo 3' teki 11x11 boyutlu görüntü matrisi, Şekil 2.b' deki görüntü parçasına ilişkindir. Bu görüntünün histogramı, [6,114] aralığını kapsamaktadır. Birbirine komşu olan piksellerin yakın gri seviye değerleri, görüntüdeki karşıtlığı düşürmektedir. Tablo 4 ise art arda uygulanan karşıtlık kuvvetlendirme operatörü ve karşıtlık yayma işlemi sonrası elde edilen görüntü matrisidir. Karşıtlık kuvvetlendirme işleminden sonra karşıtlık yayma işlemi uygulandığı için görüntü matrisi [0,255] aralığına yayılmaktadır. Böylece, orijinal görüntüye göre daha fazla karşıtlık sahibi görüntü elde edilmektedir.

Şekil 3.a' da yer alan gri seviye görüntü, orijinal 'rice' görüntüsünden elde edilmiştir ve düşük karşıtlıklı görüntü örneğidir. Bu çalışmada sunulan yöntemdeki aşamalar uygulandığında Şekil 3.b elde edilmektedir. Şekil 3.a' daki görüntüde 58, Şekil 3.b' deki sonuç görüntüsünde ise 53 farklı gri seviye değeri vardır.

Tablo 3: Şekil 2.b' deki Görüntü Parçasına İlişkin 11x11 Boyutlu Görüntü Matrisi

105	86	81	106	112	80	46	34	14	9	9
97	88	90	105	96	61	46	30	17	14	16
100	84	90	106	84	58	37	25	12	10	17
96	81	96	106	89	61	44	26	14	14	18
98	93	105	106	76	53	34	18	12	10	14
96	86	100	105	80	53	34	21	6	9	14
89	84	100	110	80	53	41	24	16	14	14
90	89	112	106	76	53	38	21	10	9	12
97	89	108	113	81	53	37	24	12	9	10
80	85	114	109	76	56	41	22	14	10	17
100	98	113	105	65	48	30	16	6	6	9

Tablo 4: Şekil 2.c' deki Görüntü Parçasına İlişkin 11x11 Boyutlu Görüntü Matrisi

220	149	129	220	253	124	43	23	5	3	3
187	149	159	220	182	76	43	18	5	5	5
195	142	159	220	142	71	25	13	3	3	5
182	129	182	220	159	73	38	13	5	5	8
187	169	220	220	116	51	23	8	3	3	5
182	149	195	220	126	51	23	8	0	3	5
159	142	195	240	126	51	33	10	5	5	5
159	159	250	220	116	51	30	8	3	3	3
187	159	228	250	129	51	25	13	3	3	3
126	142	255	235	116	63	33	10	5	3	5
195	187	250	220	81	46	18	5	0	0	3

Şekil 3. a) İlk Görüntü b) Sırasıyla, Karşıtlık Kuvvetlendirme Operatörü ve Karşıtlık Yayma İşlemi Uygulandıktan Sonra Elde Edilen Görüntü



a



b

Tablo 5' teki 11x10 boyutlu matriste, Şekil 3.a' daki orijinal görüntünün gri ölçek yoğunluk değerleri verilmektedir. Bu görüntü matrisinde gri seviye değerleri, [44,144] aralığında yer almaktadır. Tablo 6 ise Şekil 3.b' deki görüntüye ilişkin görüntü matrisidir. Karşıtlık kuvvetlendirme işleminden sonra karşıtlık yayma işlemi uygulandığı için görüntü matrisi tam aralığa yayılmaktadır. Böylelikle görüntünün daha seçilebilir olması sağlanmaktadır.

Tablo 5: Şekil 3.a' daki Görüntüye İlişkin 11x10 Boyutlu Görüntü Matrisi

52	62	49	63	56	56	44	53	55	66
52	71	61	57	58	57	58	61	48	73
65	59	100	111	111	103	79	67	57	72
61	82	126	119	122	125	128	102	63	55
51	101	132	124	121	125	128	132	103	55
53	91	137	135	128	125	125	130	138	94
54	75	133	140	138	127	124	129	136	140
52	59	120	140	139	134	126	129	130	136
56	55	95	140	138	140	133	128	131	132
53	49	67	131	136	138	142	137	132	131
47	57	56	104	140	135	144	141	134	131

Tablo 6: Şekil 3.b' deki Görüntüye İlişkin Görüntü Matrisi

9	25	5	30	18	18	0	12	16	36
9	45	25	18	20	18	20	25	5	46
32	21	111	143	143	119	61	36	18	45
25	66	193	166	180	191	202	118	29	16
9	114	216	184	175	191	202	216	119	16
9	89	232	225	202	191	191	209	237	96
14	52	218	243	237	198	187	205	228	243
9	21	175	243	239	223	194	205	209	228
18	16	98	243	237	243	219	202	212	216
12	5	36	212	228	237	244	232	216	212
4	18	16	119	243	225	255	244	223	212

SONUÇ

Orijinal görüntülere, karşıtlıklarını artırmak amacıyla, sırasıyla; bulanık ve klasik yöntemler uygulanmaktadır. Sözü geçen yöntemler, karşıtlık kuvvetlendirme operasyonu ve karşıtlık yayma işlemidir. Bulanık yöntemin daha etkili olduğu bilinmektedir. Ama; doğası gereği, tam aralığa karşılık gelemediği gözlenmektedir. Bulanık yöntem sonucunda elde edilen görüntü histogramının, tam aralığa sahip histograma dönüştürülmesi istenmektedir. Bunun için, literatürde yer alan karşıtlık yayma işlemi, bulanık yöntemle ardışık olarak uygulanmaktadır. Ardışık yapının uygulanmasından sonra sonuç görüntüleri elde edilmektedir. Sonuç görüntüleri, orijinal görüntülere göre daha fazla karşıtlığa sahiptirler. Önerilen yöntemle; karşıtlık, adım adım fakat etkili olarak artırılmış olmaktadır.

KAYNAKÇA

- DE, T. K. ve CHATTERJI, B. N. (1998), An approach to a generalized technique for image contrast enhancement using the concept of fuzzy set, *Fuzzy Sets and Systems*, 25, 145-158.
- FLOREA, C., VLAICU, A., GORDAN, M. ve ORZA, B. (2009), Fuzzy Intensification Operator Based Contrast Enhancement in the Compressed Domain, *Science Direct, Applied Soft Computing*, 9, 1139-1148.
- MAHASHWARI, T. ve ASTHANA, A. (2013), Image Enhancement Using Fuzzy Technique, *IJRREST International Journal of Research Review in Engineering Science & Technology*, 2 (2), 1-4.
- PAL, S. K. ve KING, R. A. (1981), Image Enhancement Using Smoothing with Fuzzy Sets, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 11 (7), 494-501.
- ROSS, J. T. (2010), *Fuzzy Logic with Engineering Applications*, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- TIZHOOSH, H. (2000). ‘‘Fuzzy Image Enhancement: An Overview’’, s. 137-171, (Ed.) KERRE, E. E. ve NACHTEGAEL, M., *Fuzzy Techniques in Image Processing*, Physica -Verlag Company, Berlin.
- VANI, S., SRILAKSHMI, M., SRAVANI, S. ve RAO, P. V. (2015), K Enhancement of Low Contrast Images Using Fuzzy Techniques, *International Conference on Signal Processing and Communication Engineering Systems*, 2, 286-290.

Ekg Sinyalleri Kullanılarak Kimlik Doğrulama

Arş. Gör. F. Saba KOÇKAN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Bülent BOLAT

Yıldız Teknik Üniversitesi

Özet: Özellikle son zamanlarda, biyometrik tanımlama ve doğrulama uygulamaları yaygınlaşmaya başlamıştır. Biyometrik analize dayalı kimliklendirme uygulanması durumunda, kişinin gereksiz bilgileri hatırlaması, yanında anahtar kart bulundurması ve bunları korumaya çalışması gerekmez; kimliğiyle ilgili tüm bilgiler kişinin kendisinden sağlanmaktadır. Dolayısıyla kimliklendirme gereken her yerde bu sistemler kullanılabilir. Bu çalışmada, biyometrik kimlik doğrulama Elektrokardiyogram (EKG) kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Elektrokardiyogram (EKG) biyolojik fonksiyonlara bağlı olduğu için yüz, parmak izi, retina gibi diğer yaygın biyometrilere göre aldatma ve atlatmaya daha dayanıklıdır. Önerilen algoritmada, EKG sinyallerinden Pan-Tompkins algoritmasından yararlanılarak R tepeleri ve PQRST kompleksi belirlenerek referans tabanlı öznelikler çıkartılmakta, daha sonra Öklid mesafesi hesaplanarak skora dayalı kimlik doğrulama yapılmaktadır. Algoritma Physionet veri tabanında bulunan üç farklı kayıt dosyasından çeşitli sayılarda alınan toplam 46 kayıtla test edilmektedir. Elde edilen sonuçlar önerilen algoritmanın; %4.92 eşit hata oranı, %5.65 yanlış kabul oranı, %97.83 doğru kabul oranı, ve %92.70 doğruluk oranıyla kimlik doğrulama için güvenilir ve uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyometri, EKG, PQRST kompleksi, Physionet, Pan-Tompkins

Authentication Using ECG Signals

Abstract: Recently, biometric identification and verification applications have become widespread. By using a biometric analysis-based identification system, the person doesn't need to remember unnecessary information, keep keys and cards and try to protect them; all information about his identity is provided by the person himself/herself. Therefore, these systems can be applied any identification information is required. In this study, biometric authentication is performed by using Electrocardiogram (ECG). Because of ECG is

related to vital biological functions, it is more resistant to deception regarding to common biometric measurements such as face, fingerprint, retina, etc. In the proposed algorithm, R peaks and PQRST complexes are determined by using the Pan-Tompkins algorithm from ECG signals and fiducial based features are extracted. A score-based authentication is performed. In this method, Euclidean distance is used as similarity measure. The algorithm is tested with 46 records received from three different record files in the Physionet database. The results show that the proposed algorithm is reliable and feasible for authentication with equal error rate of %4.92, false acceptance rate of %5.65, true acceptance rate of %97.83 and accuracy rate of %92.7.

Keywords: Biometry, ECG, PQRST complex, Physionet, Pan-Tompkins

1. GİRİŞ

Günümüzde yüksek güvenlik seviyesi sağlamak için, bilgi sistemlerinde farklı tanımlama ve doğrulama yöntemleri kullanılmaktadır (Lyamin ve Cherepovskaya, 2017). Güvenlik katsayısını arttıracak uygulamaların talep görmesiyle, hassas yeni yöntemlerin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Yetkili kişilerin erişmesi istenen alanlara erişiminin denetlenmesi gelişen teknolojiyle paralellik göstermektedir (Çelik, 2011). Günümüzde bu konuda biyometrik analiz yapan yöntemler yaygınlaşmaktadır. Biyometrik analize dayalı kimliklendirme uygulanması durumunda, kişinin gereksiz bilgileri hatırlaması, yanında anahtar kart bulundurması ve bunları korumaya çalışması gerekmemektedir. Dolayısıyla kimliklendirme gereken her yerde biyometrik sistemler kullanılabilir.

Kalp, potansiyel olarak oldukça güvenli bir biyometrik modeldir (Islam vd., 2017). İnsan vücudu üzerinde elektrotlar vasıtasıyla algılanabilen, kalbin elektriksel aktivitesi sonucu ortaya çıkan biyolojik işaretlere elektrokardiyogram (EKG) denir. Elektrokardiyogram (EKG) yöntemleri, kimlik doğrulama sırasında biyometrik özellikleri gizleme avantajına sahiptir. EKG özünde biyolojik fonksiyonlara bağlı oluşu için aldatmaya ve atlatmaya; yüz, el, parmak izi, retina gibi diğer yaygın biyometrilere göre daha dayanıklıdır.

Literatürde yer alan birçok çalışma, EKG tabanlı kimlik doğrulamasının sağlam bir biyometrik yöntem olduğunu göstermiştir.

EKG kullanarak insanları tanımlamak mümkün olduğunu kanıtlamak için, (Biel vd., 2001) sinyal şekline dayalı bir yöntem kullanmıştır. Sınıflandırma için zaman tabanlı, genlik tabanlı ve eğim özelliklerini çıkartmışlardır. Sonuçları, bir kişiyi EKG kullanarak önceden tanımlanmış bir gruptan tanımlamanın mümkün olduğunu göstermektedir.

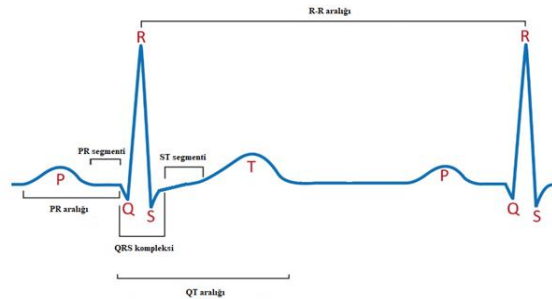
Bir diğer EKG biyometrik yaklaşımı, (Singh ve Singh, 2012) zaman, genlik ve açılara dayalı olanları da içeren her kalp atışından 20 özellik çıkarılarak sunulmaktadır. Elde edilen sonuçlar %7 FAR (yanlış kabul oranı) ile %82'lik TAR (doğru kabul oranı)'dır. EKG biyometrisini parmak izi kimlik doğrulama ve yüz tanıma ile birleştirdiklerinde ortaya çıkan multimodal sistem % 99.00 TAR üretmiştir.

Bu çalışmada, EKG özelliklerinin kalp hızı değişimlerinden nasıl etkilendiği analiz edilmektedir (Israel vd., 2005). Bu tür özellikler üzerinde kalp hızı değişikliğinin etkisini ortadan kaldırmak için doğrusal normalizasyon uygulanabileceği sonucuna varılmıştır. Deney farklı endişe durumlarında 20s'lik örneklerle 29 denekle ve farklı elektrot yerleştirme pozisyonlarıyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar elektrotların yerleştirilmesinden bağımsız olarak ve kalp hızı farklı endişe durumlarından etkilenilebileceği doğru bir sınıflandırmanın yapılabileceği sonucuna varılmaktadır.

EKG biyometrisi için bir kaydın geçerli kalabileceği zaman bir endişedir. Bu endişenin giderilmesi için yapılan bu çalışmada aydan yıla kadar değişen bir zaman aralığında veri toplayarak 74 denekten oluşan bir veri tabanına dayanan EKG doğrulaması yapılmaktadır (Wübbeler vd., 2007). Bir kayıt veya kimlik doğrulama şablonu üretmek için, Öklid normu vasıtasıyla lead-I, lead-II ve lead-III sinyallerine karşılık gelen 10 saniyelik üç EKG kaydı birleştirilir. Kimlik doğrulama, standart en yakın komşu algoritması uygulanarak gerçekleştirilir. % 98,10'luk bir TAR elde etmişlerdir. Bu nedenle, EKG biyometrisinin bir kayıt şablonunun oluşturulmasından birkaç yıl sonra halen geçerli olduğunu belirtmektedirler.

EKG sırasıyla P, QRS ve T olmak üzere üç ana elektriksel dalgadan oluşmaktadır (Şekil 1). P dalgası, atriyumun (kulakçıkların) kasılmasıyla üretilmektedir. QRS dalgası, atriyum kasılmasının sona ermesi ve ventriküler (karıncıkların) kasılmanın başlangıcını işaret etmektedir. T dalgası ventriküler kasılmanın bitişini işaret etmektedir. Bu dalga şekilleri insan anatomik özellikleri tarafından belirlenmektedir, böylece bu dalgaların referans bilgisi (aralık ve genlik) benzersiz bir öznelik olabilmektedir. Bu anlamda EKG biyometrik özellikler için gerekli kriterleri yerine getirmektedir (evrensellik, elde edilebilirlik (ölçülebilirlik), eşsizlik (teklik) ve süreklilik (kalıcılık)).

Şekil 1. Elektrokardiyogram



Normal bir EKG işareti için:

- RR aralığı: 0.6~1 s
- QRS süresi: 0.06~0.10s
- P dalga süresi: 0.08~0.12s
- PR(PQ) aralığı: 0.12~0.2s
- PR(PQ) segmenti: 0.05~0.12s
- ST segmenti: 0.08~0.12s
- T dalga süresi: 0.16s
- QT aralığı:0.35~0.4s

şeklindedir (Möngü, 2003).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bir EKG kimlik doğrulama algoritması genel olarak önileme, öznitelik çıkarma ve sınıflama olmak üzere üç adımdan oluşmaktadır.

Önileme için mevcut çoğu algoritma bant geçiren filtreler kullanmakta ve dalgacık ayrıştırması gibi yeni yaklaşımlar sunmaktadır. Ardından, genelde R-tepe saptaması ve normalizasyonuna dayanan EKG dalga formu segmentasyonu gerçekleştirilmektedir. QRS kompleksi sağ ve sol ventriküllerin depolarizasyonunu yansıtır ve eşsizdir, kalp hastalıklarından kaynaklanan anormalliklerden daha az etkilenir. R tepesi, gürültüden daha az etkilenen EKG sinyali üzerindeki en belirgin referans noktasıdır. Literatürde Dalgacık Dönüşümü, Hilbert Dönüşümü (HT), Pan-Tompkins algoritması (PT), gibi birçok yöntem, R tepelerinin belirlenmesi üzerine kullanılmaktadır.

Öznitelik çıkarma algoritmaları referans tabanlı ve referans tabanlı olmayan yöntemler olarak iki temel kategoriye ayrılabilir. Referans özellikler EKG dalga formlarındaki karakteristik noktalardan genlik, zaman, alan ve açı özelliklerini içermektedir. Referans olmayan özellikler, Fourier, dalgacık katsayıları, otokorelasyon katsayıları, ayırık kosinüs dönüşümü gibi EKG sinyalini diğer alanlara dönüştürerek elde edilmektedir.

Sınıflama için, k-en yakın komşular (kNN), sinir ağları ve destek vektör makinesi (SVM) gibi çeşitli sınıflandırıcılar kullanılmaktadır.

Literatürde yer alan mevcut yöntemlerin çoğu, yaklaşımlarını MIT-BIH ve PTB (<http://www.physionet.org/>) adlı açık tıbbi verileri kullanarak doğrulamaktadır.

2.1. Veri Tabanı

Bu çalışmada, Physionet veri tabanında bulunan üç farklı kayıt dosyasından her birey için eşit uzunlukta bir EKG kaydı alınarak toplam 46 kayıtla yeni bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu bireylerden 22'sinin EKG kayıtları MIT-BIH aritmi veri tabanından, 9 kişinin ait EKG kaydı MIT-BIH normal sinüs ritmi veri tabanından, 13 kişiye ait EKG kaydı ise Cinc Challenge 2011 Set A veri tabanından seçilmiştir.

2.2. Algoritma

EKG sinyallerindeki R tepeleri, literatürde yaygın olarak kullanılan Pan-Tompkins algoritmasından yararlanılarak belirlenmektedir. Bu metodun seçilmesinin nedeni, literatürde hesaplama basitliği sebebiyle çok yaygın olarak kullanılması ve çeşitli vuru morfolojilerine sahip veri setleri için yüksek doğruluk oranına sahip olmasıdır. Pan-Tompkins, QRS komplekslerinin eğimi, genliği ve genişliğine dayalı gerçek zamanlı QRS tespit algoritmasını önermiştir (Pan ve Tompkins, 1985). Bant geçiren filtre, türev alma, kare alma, birleştirme ve eşik ayarlama adımlarından oluşmaktadır (Şekil 2)

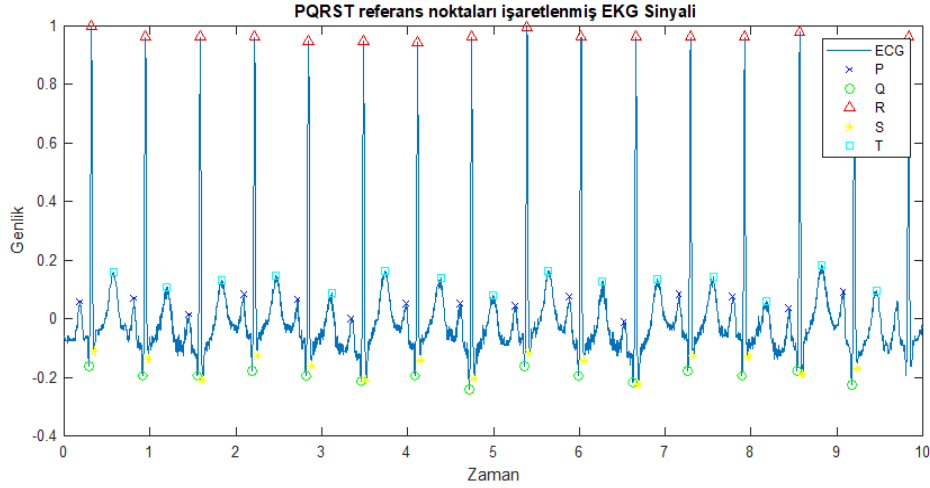
Şekil 2. Pan-Tompkins Algoritması



R tepe noktaları elde edildikten sonra, diğer referans noktalar (P, Q, S, T) RR aralıkları dikkate alınarak belli oranlar yardımıyla elde edilen örnek değerleri ile belirlenen aralık içerisinde aranmaktadır.

Elde edilen referans noktalardan 20 öznitelik (10 genlik, 10 aralık bilgisi) çıkartılmakta ve bu referans noktaların genlik bilgileri eklenerek 25 öznitelik elde edilmektedir. Örnek bir referans nokta tespiti çıktısı Şekil 3'te verilmiştir.

Şekil 3. Veri Tabanındaki 36. Kişinin EKG Sinyalinde Bulunan Referans Noktalar



Eğitim ve test verileri eşit uzunlukta seçilmişlerdir. Çıkarılan öznitelik vektörleri arasındaki yakınlık derecesi Öklid mesafesine bakılarak hesaplanmaktadır. Daha sonra, bu özniteliklerden hangilerinin, kullanılan veri tabanında daha ayırt edici olduğu otomatik belirlenmektedir. Doğrulama işlemi belirlenen öznitelikler üzerinden skora dayalı şekilde gerçekleştirilmektedir.

3. SONUÇ VE İLERİKİ ARAŞTIRMALAR

Yapılan çalışmada mevcut veri tabanları kullanılarak yeni bir veri tabanı oluşturulmuştur. Pan-Tompkins algoritmasından yararlanarak R tepeleri saptanmış ve referans tabanlı 25 öznitelik belirlenmiştir. Daha sonra bu 25 öznitelikten en ayırt edici olanlar algoritma tarafından belirlenmiş ve skora dayalı doğrulama yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar önerilen algoritmanın; %4.92 eşit hata oranı, %5.65 yanlış kabul oranı, %97.83 doğru kabul oranı, ve %92.70 ortalama doğruluk oranıyla kimlik doğrulama için güvenilir ve uygulanabilir olduğunu göstermektedir. EKG sinyallerinde ki gürültülerin giderilmesi için önerilen algoritma geliştirilerek başarı oranı artırılmaya çalışılacak ve farklı veri tabanlarına uygulanacaktır.

4. KAYNAKÇA

- Biel, L., Pettersson, O., Philipson, L., ve Wide, P. (2001). "ECG analysis: a new approach in human identification", *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 808-812.
- Çelik, E. (2011). Görüntü İşlemeye Dayalı Avuç İçi İzinin Yapay Sinir Ağı İle Tanınması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Islam, S., Ammour, N., Alajlan, N., ve Abdullah-Al-Wadud, M. (2017). "Selection of Heart-Biometric Templates for Fusion", *IEEE Access*, 1753-1761.
- Israel, S.A., Irvine, J.M., Cheng, A., Wiederhold, M.D. ve Wiederhold, B.K., (2005). "ECG to identify individuals", *Pattern Recognition*, 38: 133-142.
- Lyamin, A. V., ve Cherepovskaya, E. N. (2017). "An evaluation of biometric identification approach on low-frequency ECG signal", 2017 IEEE 15th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI), 000137-000142.
- Möngü, E. (2003). Bilgisayar Destekli QRS Deteksiyonu Ve EKG, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Pan, J., ve Tompkins, W. (1985). "A Real-Time QRS Detection Algorithm", *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 230-236.
- Singh, Y.N., ve Singh, S.K. (2012). "Evaluation of Electrocardiogram for Biometric Authentication", *J. Information Security*, 3, 39-48.
- Wübbeler, G., Stavridis, M., Kreiseler, D., Boussejot, R.D. ve Elster, C., (2007)." Verification of humans using the electrocardiogram", *Pattern Recognition Letters*, 28: 1172-1175.

DIFFÜZ OPTİK TOMOGRAFİDE TERS PROBLEM VE GENETİK ALGORİTMA İLE REGÜLARİZASYON PARAMETRESİ SEÇİMİ

Arş. Gör. Sinem UYSAL

Yıldız Teknik Üniversites

Arş. Gör. Hüsamettin UYSAL

Yıldız Teknik Üniversitesi

Öğr. Üyesi Umut Engin AYTEN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Özet: Ters problem emilim, saçılma katsayısı ve optik akıdan doku görüntüsünün yeniden elde edilmesidir ve Diffüz optik tomografi sisteminin temel bölümlerinden biridir. Kaynak detektör sayısının sınırlı olması, gürültü ve eksik ölçüm verileri DOT sisteminin kötü konumlandırılmış (ill-posed) olmasına neden olmaktadır. Ters problemi çözmek için çeşitli regülarizasyon metotları kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Tikhonov regülarizasyonu, ℓ_1 -norm ve ℓ_2 -norm regülarizasyonu ve Moore-Penrose pseudo-inverse metodu gibi regülarizasyon metotları ters problemi çözmek için kullanılmıştır. ℓ_1 -norm ve ℓ_2 -norm regülarizasyonda minimizasyon problemini çözmek için konveks optimizasyon tercih edilmiştir. λ regülarizasyon parametresinin seçimi çok önemli olmakla beraber bu çalışmada regülarizasyon parametresi Genetik Algoritma kullanılarak belirlenmiştir. Yapay verilerle çeşitli benzetim sonuçları verilmiş olup sonuçlar hata metrikleri üzerinden değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: diffüz optik tomografi(DOT); ters problem; kötü konumlanmış; regülarizasyon yöntemleri, konveks optimizasyon.

The Inverse Problem in Diffuse Optical Tomography and Regularization Parameter Selection Using Genetic Algorithm

Abstract: Inverse problem involves the reconstruction of the tissue image from the absorption, scattering coefficient and optical flux of tissue and it is one of the main part of the diffuse optic tomography (DOT). Limited numbers of sources and detectors of DOT, the noise and the a few number of measurements make the inverse problem ill-posed. Various regularization methods are used to solve inverse problem. In this study, in order to solve this problem regularization methods were used such as Tikhonov regularization, ℓ_1 -norm,

ℓ_2 -norm regularization, and Moore-Penrose pseudo-inverse methods. In the ℓ_1 -norm and ℓ_2 -norm regularization convex optimization is preferred to solve minimization problem. There is a crucial problem in regularization, which is the selection of the regularization parameter. λ regularization parameter was chosen using Genetic Algorithm. We have presented simulation results with artificial data and evaluated the results through error metrics.

Keywords : diffuse optic tomography (DOT); inverse problem; ill-posed; regularization methods; convex optimization.

INTRODUCTION

In the clinical diagnosis, Diffuse Optic Tomography (DOT) is a non-invasive imaging modality used for diagnosis diseased area. DOT uses visible light and photon properties in imaging physiological and pathological activities in cells and molecules (Schweiger, 2005). It provides useful physiological information about blood volume and oxygenation of tissue and the objective here is to obtain numerical information about changes in optical properties in the tissue from boundary measurements (Yao,2015; Ilkka,2006).

The DOT consists of two process called the forward problem and the inverse problem. The forward problem describes photon propagation in the tissue and is used to determine the optical flux on the tissue boundary. The distribution of light in the tissue is defined by Radiative Transfer Equation (RTE). The inverse problem is the process of reconstruction of tissue images from the optical flux of tissue absorption and scattering coefficients (Arridge,1999; Maheswari,2016). After the photon distribution in the tissue is obtained, inverse problems are solved by using this distribution (Bi,2015).

The advantage of using near-infrared optical imaging methods is that they are smaller size and easier to solve compared to other measuring device. Therefore, it is desirable that the small number of detectors. However, the limited number of source detectors, noise and missing measurement data cause the DOT system to be ill-posed (Okawa,2011).

The ill-posedness makes the system sensitive to small perturbation caused by measurements such as noise and calculation errors (Tang, 2017). Regularization methods are used to solve this problem and obtain a meaningful image (Nocedal, 1999).

In this study, it is aimed to obtain the tissue image by using the weight matrix consisting of absorption and scattering coefficients obtained in the forward problem. The inverse problem of DOT ill-posed and ill-determined. In order to solve it,

Tikhonov regularization, ℓ_1 -norm, ℓ_2 -norm regularization, and Moore-Penrose pseudo-inverse methods were used. Convex optimization was used in the minimization problem of ℓ_1 -norm and ℓ_2 -norm regularization. Choosing the appropriate regularization parameter is important task and in this study it was determined using the Genetic Optimization algorithm. The performance of regularization methods were tested using error metrics on artificial data. Diseased areas with inclusions were detected and the results were reconstructed by 3D.

This paper is organized as follows. In section 2 general information about the inverse problem is given. In section 3, regularization methods are presented. Genetic algorithm used for choosing regularization parameter is explained in Section 4. In section 5 experiments on artificial data were used to evaluate the performance of regularization methods are given and section 6 concludes the paper.

THE INVERSE PROBLEM

The inverse problem is the process of recovering the tissue image from the absorption and scattering coefficients. This problem is usually solved by minimizing the distance between the model and the measurements and has no unique solution and is unstable due to the insufficiency of the perceived operator or model. The inverse problem A cannot be solved by taking the inverse of the weight matrix directly. Because the size of b is usually much less than the size of x , which makes the A weight matrix a non-square matrix (An,2015).

The inverse problem of DOT is ill-posed and small perturbations in the measurements can give highly varied parameter solutions

The inverse problem in the sense of Hadamard is said to be well-posed if it satisfies all of the following criteria:

- there exists a solution,
- the solution is unique,
- the solution depends continuously on the data.

The problem is said to be an ill posed is ill-posed if at least one of the conditions above does not hold (Hrtus,2016).

Alleviating the effects of ill-posedness requires specialized treatment and the employment of advanced numerical methods. Methods specifically designed to treat ill-posedness are commonly referred to as regularization methods. In order to be able to find a meaningful solution of x the problem in (2.1) needs to be regularized.

An inverse problem uses a model to reconstruct an input from the corresponding output. The mathematical models can be expressed as a linear system of equations such as

$$Ax = b \quad (2.1)$$

In this system, the matrix $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ with $m \geq n$ describes the model. The input is some $x \in \mathbb{R}^n$ and the output is presented in the vector $b \in \mathbb{R}^m$. The inverse problem associated with this model computes the input x given some output b and the known model. A represents the weight matrix of the values of each voxel in each measurement.

$$A = \begin{bmatrix} A_{1,1} & \dots & A_{1,n} \\ A_{2,1} & \ddots & A_{2,n} \\ \vdots & & \vdots \\ A_{m,1} & \dots & A_{m,n} \end{bmatrix}$$

n : voxel number, m : source-detector matches b : $-\ln(\phi/\phi_0)$ Perturbation vector, x : total absorption coefficients

ϕ is the measurement taken from a homogeneous phantom, ϕ_0 is the measurement taken when inclusion (when the diseased area is created) (Kazanci,2017).

REGULARIZATION METHODS

Due to the limited numbers of sources and detectors of DOT the number of measurements obtained is much fewer than that of voxels to be reconstructed and this makes the A matrix is highly ill-posed. In order to be able to find a meaningful solution of x among the infinitely many possible solutions, the problem needs to be regularized (Daubechies,2004; Fadili,2006; Elad,2010). There are some regularization methods in the literature such as Tikhonov regularization, Total Variation (TV) regularization, ℓ_1 -norm, ℓ_2 -norm regularization, sparsity regularization etc.

We can then formulate a linear least-squares problem of the form as follow,

$$x_{ls} = \min_{x \in \mathbb{R}^n} \|Ax - b\| \quad (3.1)$$

where the norm $\|\cdot\|$ is the Euclidean norm. We assume that the solution x is very sensitive to changes in the data b . Moore-Penrose pseudo-inverse of A represented by A^\dagger .

$$A^\dagger = (A^T A)^{-1} A^T \quad (3.2)$$

The least-squares problem is also shown like in Eq.(3.2)

$$x_{ls} = A^\dagger b \quad (3.3)$$

The conventional way to regularize the solution is to use $\|x\|_2$, which is the ℓ_2 -norm of x , as defined by

$$\|x\|_2 = \sqrt{\sum_i \|x_i\|^2} \quad (3.4)$$

$$\hat{x} = \arg \min_{x \in \mathbb{R}^n} \|Ax - b\|_2^2 \quad (3.5)$$

This approach is also known as the Tikhonov regularization method where the image can be reconstructed from the following equation:

$$\begin{aligned} \hat{x} &= \underset{x}{\operatorname{argmin}} \{ \|Ax - b\|_2^2 + \lambda \|x\|_2^2 \} \\ &= A^T (AA^T + \lambda I)^{-1} b \end{aligned} \quad (3.6)$$

where A^T denotes the transpose of A , and λ is the regularization parameter that controls the balance between the data fidelity and regularization terms. Numbers of parameter selection methods have been developed for the Tikhonov regularization such as the L-curve method, the generalized cross-validation (GCV). In this study, we used genetic algorithm in order to determine λ regularization parameter.

ℓ_1 -norm of x , as defined by:

$$\|x\|_1 = \sum_{i=1}^P |x_i| \quad (3.7)$$

$$\hat{x} = \arg \min_{x \in \mathbb{R}^n} \|Ax - b\|_1 \quad (3.8)$$

This problem is also called basis pursuit (BP) problem. In the Figure 1 shown that ℓ_1 -norm is represented by square and ℓ_2 -norm is represented circle. To find the solution with smallest ℓ_2 -norm, we can imagine taking a small circle around the origin and increase its radius until it first touches the solution line H_0 the tangent point is the minimum. The point of solution has both x_1 and x_2 components. In a similar way, to find the solution with smallest ℓ_1 -norm, we take a small ℓ_1 -ball around the origin and increase its radius until it first touches. ℓ_1 -norm solution is sparser than the solution achieved with ℓ_2 -norm because it is on one axis only; only one component is nonzero (Bi,2015).

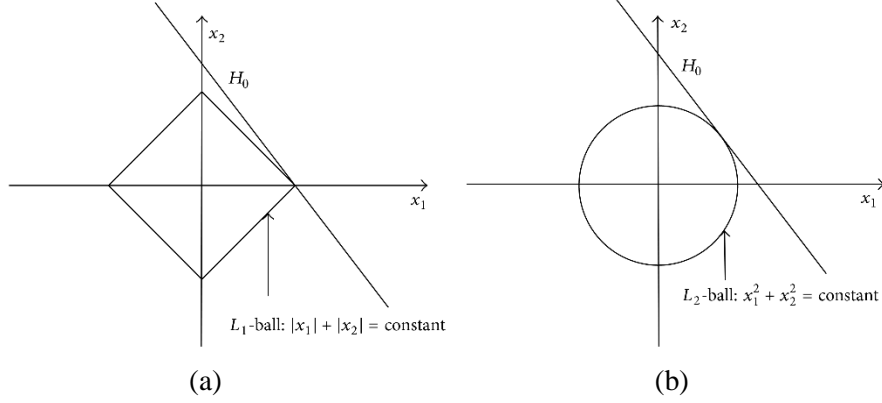


Figure 1 a) ℓ_1 -norm and b) ℓ_2 -norm regularization in this study, convex optimization was used to solve minimization problem.

REGULARIZATION PARAMETER SELECTION USING GENETIC ALGORITHM

Genetic Algorithm is a computational search algorithm. It is based on genetic selection and natural elimination. One of the important factors affecting the performance of the genetic algorithm is the determination of control parameters. The selection of control parameters varies according to the problem types.

In the regularization process, choosing the correct regularization parameter λ is very important. The tomographic imaging quality is typically sensitive to the selection of the regularization parameter λ .

$$\hat{x} = \underset{x}{\operatorname{argmin}} \{ \|Ax - b\|_2^2 + \lambda \|x\|_2^2 \} \quad (4.1)$$

In this study, Genetic Algorithm Toolbox was used and generation number was selected by default for optimization. The population number was selected as 200.

$$\text{Loss function} = \sqrt{\sum (x - \hat{x})^2} \quad (4.2)$$

$\lambda = 8.18 \times 10^{-9}$ was found on Genetic Optimization Algorithm.

RESULTS

Forward problem is the process of obtaining weight matrix. In the forward problem, in order to simulate photon behavior 2D Monte Carlo simulation was run and photon fluencies were obtained. The weight matrix (A) has been built with the interpolation of photon fluencies according to optode geometry. The geometry used in this study is illustrated in Figure 2. It consisted of 36 source and 36 detector.

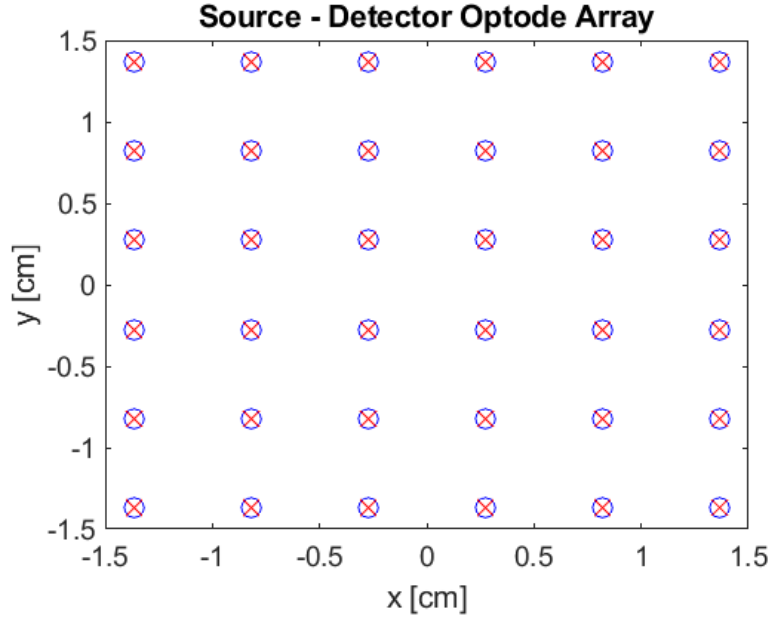


Figure 2 The Optode Geometry

After generating photon fluencies in a cylindrical coordinate system from MC simulation, it is converted Cartesian coordinate system. Image reconstruction mesh grid coordinates were $(x, y, z) = (3 \text{ cm}, 3 \text{ cm}, 3 \text{ cm})$. $N_{\text{grid}} = 11 * 11 * 15 = 1815$. The row number of weight matrix obtained by multiplication of source and detectors.

$$A = \begin{bmatrix} A_{1,1} & \dots & A_{1,n} \\ A_{2,1} & \ddots & A_{2,n} \\ \vdots & & \vdots \\ A_{m,1} & \dots & A_{m,n} \end{bmatrix}_{1296 \times 1815} \quad (5.1)$$

Firstly, the measurement is taken for a homogeneous phantom (\emptyset), then inclusions are put on homogeneous phantom in order to create diseased area and the measurement is taken when inclusion exist (\emptyset_0). The perturbation vector is obtained using Equation (3.10).

$$b = -\ln(\emptyset/\emptyset_0) \quad (5.2)$$

Thus, artificial data was created by using seven layered head model. The inverse problem of DOT involves estimating x from the measurements b . The problem is ill-posed and highly underdetermined. To solve this problem, regularization is required. In this study, Tikhonov regularization, ℓ_1 -norm, ℓ_2 -norm regularization, and Moore-Penrose pseudo-inverse methods were used. Convex optimization was used

in the minimization problem of ℓ_1 -norm and ℓ_2 -norm because the problem can be solved quickly and reliably for very large dimensions using convex optimization. Regularization methods mentioned above detailed.

The performance of regularization methods using following error metrics.

Dice Coefficient: It is an error metric used to verify the similarities between the reconstructed image and the real image. S_r and S_0 denotes reconstructed image and real image, respectively.

$$Dice = 1 - \frac{2\|S_r \cap S_0\|}{\|S_r\| + \|S_0\|} \quad (5.3)$$

Contrast to Noise Ratio (CNR): The CNR is defined as the ratio of the mean value of the reconstruction in the correct object boundaries in the region of interest (ROI) to the average of the background outside the object.

$$CNR = \frac{mean(X_{ROI})}{mean(X_{BG})} \quad (5.4)$$

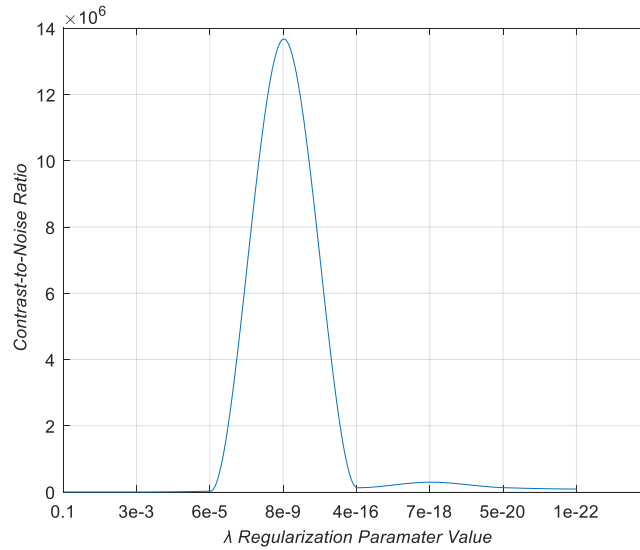


Figure 3 The variation of CNR values by λ regularization parameter

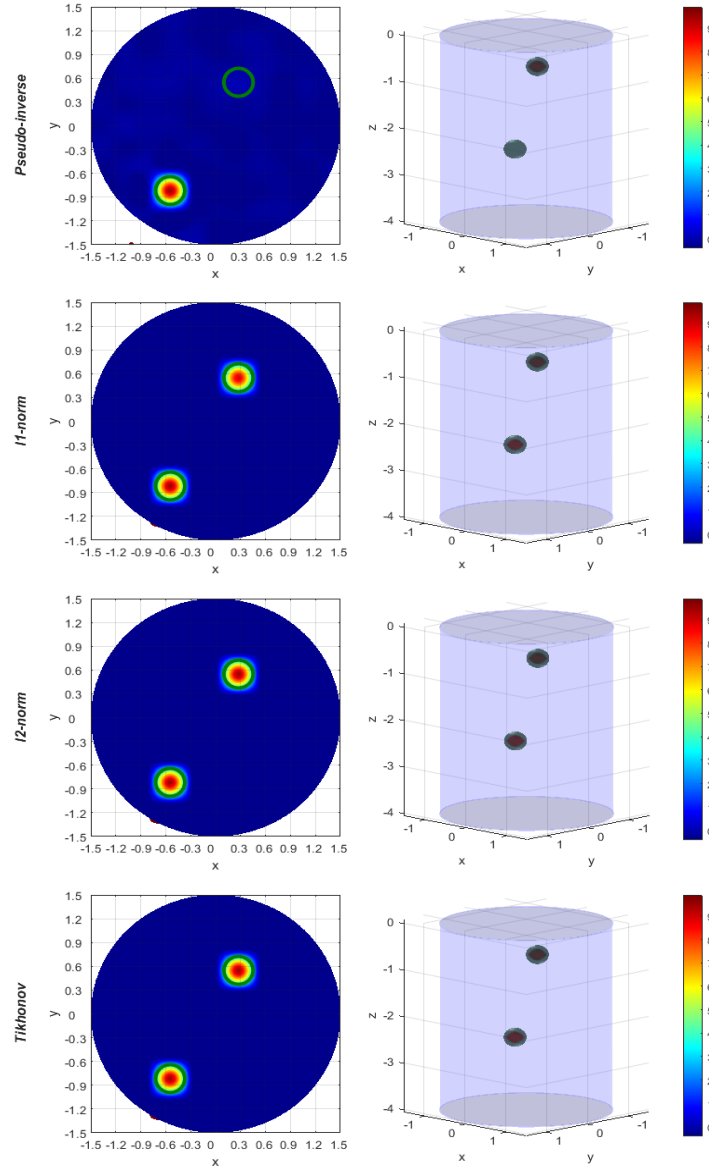


Figure 4 Reconstruction results for different methods (a) Pseudo-inverse method (b) ℓ_1 -norm regularization (c) ℓ_2 -norm regularization (d) Tikhonov regularization The first row illustrates the 3-D views of the reconstruction results and the second one illustrates the slice images in the $z = 0$ plane. The yellow circles in the 2-D images and the gray circles in the 3-D images represent the real locations of the inclusion.

The reconstruction results are shown on Figure 4. First row shows the Pseudo-inverse method. In this method, one of the inclusions wasn't found and the result has the relatively low CNR value. The second row and third row show ℓ_1 -norm and ℓ_2 -norm regularization respectively. Both of the inclusions were found using these regularization methods but ℓ_2 -norm gives better result than ℓ_1 -norm. In this study, we used CNR and Dice coefficient as an error metric. While CNR value must be big, Dice coefficients must be zero. The effect of change of λ regularization parameter to CNR value was shown in Figure 3. The best value of λ was found as $\lambda = 8.18 \times 10^{-9}$ from Genetic optimization algorithm.

Table 1 Simulation Results for Artificial Data

Regularization Method	Dice Error	CNR
Pseudo-inverse	0.33	21.209
ℓ_1 -norm	0	463.6
ℓ_2 -norm	0	1.0752×10^6
Tikhonov regularization	0	1.3677×10^7

CONCLUSION

We have proposed to solve inverse problem of diffuse optical tomography. Due to ill-posedness of inverse problem of DOT, regularization is required. In this study we used Tikhonov regularization, ℓ_1 -norm, ℓ_2 -norm regularization, and Moore-Penrose pseudo-inverse methods to solve it. Choosing the appropriate regularization parameter is important and it was selected using Genetic Optimization Algorithm. We compared the regularization methods with each other and presented its efficiency in improving the reconstruction resolution and error metric. The best results obtained from Tikhonov regularization method using regularization parameter found from Genetic Optimization Algorithm. In the future work, we purposed to applied sparsity regularization methods to solve inverse problem of DOT in noisy conditions.

REFERENCES

- Arridge, S. R., (1999). "Optical tomography in medical imaging," *Inverse Problems*, vol. 15, no. 2, pp. R41–R93.
- Bi, B., Han, B., Han, W., Tang, J. and Li, L., (2015). "Image reconstruction for diffuse optical tomography based on radiative transfer equation," *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, vol. 2015, Article ID 286161, 23 pages.
- Daubechies, I., Defrise, M., and Mol, C. D., (2004). "An iterative thresholding algorithm for linear inverse problems with a sparsity constraint," *Comm. Pure Appl. Math.*, vol. 57, no. 11, pp. 1413–1457, August 2004.
- Dehghani, B.H., Srinivasan, S., Pogue, W.B. and Gibson, A., (2009). "Numerical modelling and image reconstruction in diffuse optical tomography", *Phil. Trans. R. Soc. A* (2009) 367, 3073–3093.
- Elad, M., (2010). "*Sparse and Redundant Representations: From Theory to Applications in Signal and Image Processing*", 1st ed. Springer Publishing Company, Incorporated, 2010.
- Fadili M. J. and Starck, J.-L., (2006). "Sparse representation-based image deconvolution by iterative thresholding," in *Astronomical Data Analysis (ADA'06)*, September 2006.
- Hrtus, R. (2016) Optimization Methods: "Inverse Problems, Algorithms and Applications", Ph.D. Thesis, Technical University of Ostrava Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, Ostrava.
- Ilkka N., Tommi N., Jenni H., Timo K. ve Toivo K., (2006). "Diffuse Optical Imaging, *Advances in Electromagnetic Fields in Living Systems*", (2006) 4:77–129.
- Kazancı, H.Ö., (2017). "Back reflected laser tomography", *Optik*, 140 (2017) 1081–1085, May 2017.
- Maheswari, K.U., Sathiyamoorthy, S. and Lakshmi, G., "Performance Analysis of Reconstruction Algorithms in Diffuse Optical Tomography", *International Scholarly and Scientific Research & Innovation* 10(1) 2016.
- Nocedal, J., and Wright, S. J., (1999). "Numerical Optimization", *Springer Series in Operations Research*, Springer, New York, NY, USA.
- Okawa, S., Hoshi, Y. and Yamada, Y., (2011). "Improvement of image quality of time-domain diffuse optical tomography with l_p sparsity regularization", *Biomedical Optics Express*, Vol. 2, No. 12, 3334–3348.

- Schweiger, M., Arridge, S.R. and Nissila, I., (2005). “Gauss–Newton method for image reconstruction in diffuse optical tomography”, *Phys. Med. Biol.* 50 (2005) 2365–2386.
- Tang, J., Han, B., Han, W., Bi, B. and Li, L., (2017). “Mixed Total Variation and L1 Regularization Method for Optical Tomography Based on Radiative Transfer Equation”, *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, Volume 2017, Article ID 2953560, 15 pages.
- Yao, J. Tian, F., Rakvongthai, Y., Oraintara, S. ve Liu, H., (2015). “Quantification and normalization of noise variance with sparsity regularization to enhance diffuse optical tomography”, *BIOMEDICAL OPTICS EXPRESS*, Vol. 6, No. 8 2961-2979.

İNSANSIZ KARA ARAÇLARI İÇİN DÜŞÜK MALİYETLİ NAVİGASYON SİSTEMİ

Doç.Dr. Uçman ERGÜN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Şükrü ÜNVER

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Dr. Öğretim Üyesi Uğur FİDAN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Özet: Otonom (insansız) kara araçlarının temel görevlerinden bir tanesi bulunduğu noktadan gitmesi istenilen nokta veya noktalara önceden programlanmış bir rota olmaksızın ulaşabilmesidir. Bu çalışmada gerçek zamanlı olarak diferansiyel teker sistemli (Differential steering) otonom bir kara aracının noktadan noktaya navigasyonu gerçekleştirilmiştir. Önerilen sistemde, otonom kara aracının hedef enlem ve boylam bilgisi kullanıcı tarafından önceden sisteme giriş olarak verilmektedir. Otonom kara aracının konum bilgisi ise üzerinde bulunan dahili antenli EM-411 GPS (Global Positioning System) alıcısı kullanılarak elde edilmiştir. Hedef konum bilgisi ve mevcut konum bilgisi kullanılarak otonom kara aracının hedefine ulaşabilmesi için yönelmesi gereken rota açısı (waypoint heading) basitçe hesaplanabilmektedir. Bu noktada kontrolün gerçekleştirilebilmesi için otonom kara aracının rota açısı bilgisine (actual heading) sahip olmak gerekmektedir. Çalışmada enlem ve boylam cinsinden güncel konum bilgisi bilinen ve hareketli durumda olan otonom kara aracının rota açısı zamanda belirli bir aralıkta geriye gidilerek aracın üzerinden geçtiği ve koordinatları bilinen iki nokta üzerinden hesaplanmaktadır. Nihayetinde waypoint heading ve actual heading arasındaki fark sistemde hata olarak kabul edilmektedir. Geliştirilen insansız kara aracında oransal (proportional) kontrol yöntemi kullanılmıştır. Yapılan gerçek zamanlı denemelerde 25 ila 100 metre arası uzaklıklardaki hedef noktalara ulaşım duracak şekilde programlanan otonom kara aracının bu noktaların etrafındaki en fazla 2 metre çapındaki bir çemberin içerisinde durduğu gözlemlenmiştir. Geliştirilen sistemde sadece GPS alıcısı kullanılmıştır. Bu açıdan sistemin doğruluğu GPS alıcısının erişebildiği uydu sayısı ile doğru orantılıdır. Bunun yanında pusula sensöründen kaynaklı bir kalibrasyon ihtiyacı yoktur. Önerilen sistem yüksek hassasiyet gerektirmeyen, düşük maliyetli olması istenen ve kalibrasyon ihtiyacı olması istenmeyen durumlarda çeşitli amaçlar doğrultusunda geliştirilerek kullanılabilir niteliktedir.

Anahtar Kelimeler: İKA, Mobil Robot, Navigasyon, GPS

Low Cost Navigation System for Unmanned Ground Vehicles

Abstract: One of the basic tasks of unmanned ground vehicles (UGV) is that they can reach to the points or points that they want to go from there without a pre-programmed route. In this study, point-to-point navigation of an UGV with a differential steering system was performed in real time. In the proposed system, the target latitude and longitude information of the UGV is given by the user as an introduction to the system. The position information of the UGV has been obtained by using the EM-411 GPS receiver with internal antenna. Using the target position information and the current position information, the route point heading should be calculated simply for the UGV to reach its destination. In the study, the route angle of the UGV with the current position information in the latitude and longitude position is calculated from two points whose coordinates are known to go over a certain interval in time and passes through the vehicle. In the end, the difference between the waypoint heading and the actual heading is considered an error in the system. The proportional control method was used in the developed UGV. In real-time experiments, it is observed that the UGV, which is programmed to reach the target points at a distance of 25 to 100 meters, stands within a circle with a maximum diameter of 2 meters around these points. Only GPS receiver is used in the developed system. In this respect, the accuracy is directly proportional to the number of satellites the GPS receiver can access. In addition, there is no need for a calibration from the compass sensor. The proposed system can be used with high precision, low cost and can be used for various purposes if there is no need for calibration.

Keywords: UGV, Mobile Robot, Navigation, GPS

1.GİRİŞ

Sabit görevleri olan robotlar genellikle fabrika, laboratuvar gibi değişkenlerin ve referans noktalarının sabit olduğu kapalı alanlarda kullanılırken, mobil robotlar genellikle askeri, arama-kurtarma gibi amaçlara hizmet için geliştirildiklerinden genel olarak değişkenlerin sabit ve lineer olmadığı, referans noktalarının olmadığı açık alanlarda kullanılırlar (Canan, 2006). Bunun bir sonucu olarak mobil robotların çevrelerini tanıması, bulunduğu ortamdan veri toplaması ve bu veriler ile de ne yapacağına karar verebilmesi gerekmektedir (Sales vd., 2011).

Mobil robotlarla yapılan muhtemel uygulamalar arasında insanlar için çok tehlikeli olan alanları araştırmak (kimyasal yangınlar veya radyoaktif alanlar), su altı boru hatlarının hat bütünlüğünü kontrol etmek, hassas formasyon uçuşu ve diğer gezegenlerin yüzeyini araştırmak bulunmaktadır (Kim vd., 2006).

Çalışmada kullanılan Lego Mindstorms robot kiti, robotik sistemleri pratikte simüle etmek, programlamak ve test etmek için gerekli olan çok çeşitli donanım ve bileşenleri içerir. Farklı robotlar oluşturmada kullanılabilecek muhtelif miktarda ve kolayca sökülüp takılabilen mekanik bileşenleri bulunmaktadır (Fidan & Yalçın, 2012). Lego kitlerinde akıllı tuğlaya (brick) bağlanan tüm dijital sensörler kitler için özelleştirilmiş i²c protokolü yardımıyla akıllı tuğlayla haberleşmektedir.

Mobil robot navigasyonu üzerine literatürde yapılan çalışmalarda pusula, jiroskop gibi IMU (Inertial Measurement Unit - Ataletsel Ölçüm Üniteleri) sensörleri kullanılmış ve bu çalışmalar GPS ile IMU ünitelerinden alınan verilerin etkin bir şekilde bütünleştirilmesi üzerinde odaklanmıştır. Bu amaçla çeşitli algoritmalar geliştirilmiş ve en çok kullanılan Kalman filtresi, yapay sinir ağları, bulanık mantık gibi teknikler üzerinde durulmuştur. (Reyes vd., 2015), (Pinto vd., 2012).

Bir mobil robot navigasyonunda, mobil robotun konumu, nereye gideceği ve gidilmek istenen yere nasıl gidileceği sorularına cevaplar aranır (Shade, 2011).

Bu çalışmada tüm navigasyon görevlerinin yerine getirilebilmesi için sadece GPS sensörü kullanılmıştır. Bu sayede hem daha ekonomik hem de sensörlere bağımlılığı daha az olan bir mobil robot geliştirilmiştir.

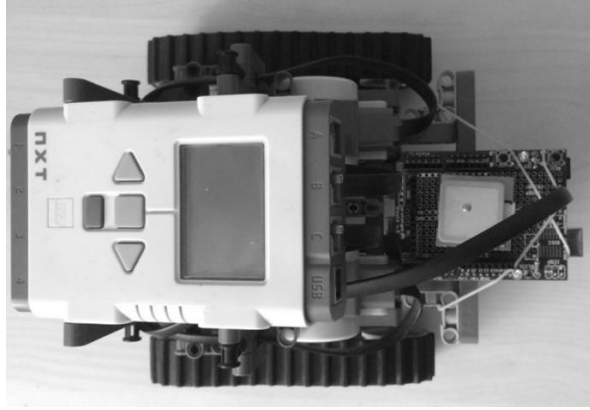
2.MATERYAL VE METOD

Çalışmada mobil robotun hayata geçirilmesinde Lego Mindstorms NXT robot kiti kullanılmıştır. Bu çalışmanın öncesinde EM-411 GPS alıcısı Arduino kullanılarak Lego NXT robot kitleriyle çalışabilir bir sensör haline getirilmiştir (Ergün vd., 2017).

2.1. Mobil Robotun Mekanik Tasarımı

Geliştirilen mobil robotda iki adet NXT servo motoru kullanılarak diferansiyel sürüş sistemli robot yapısı tercih edilmiştir. Mobil robotta teker yerine paletli sistem kullanılarak hem daha geniş bir yüzey tutunma alanı elde edilmiş hem de dönüş hareketlerini daha dar bir eksende yapabilmesi sağlanarak iyi bir manevra kabiliyeti kazandırılmıştır. Resim:1’de Lego NXT kitiyle geliştirilen mobil robotun GPS alıcısıyla birlikte son halinin üstten görüntüsü verilmiştir. Motorlardan alınan gücün paletlere aktarılmasında dişli sistemi kullanılmıştır. Geliştirilen mobil robotda 5/3 dişli oranı kullanılmıştır. Bu durum mobil robotun, 1/1dişli oranına göre % 40 daha yavaş hareket etmesini sağlamaktadır ancak hareketlerindeki kararlılığı olumlu etkilemektedir.

Resim 1: Lego Nxt Kitiyle Geliştirilen Mobil Robotun Gps Alıcısıyla Birlikte Üstten Görüntüsü

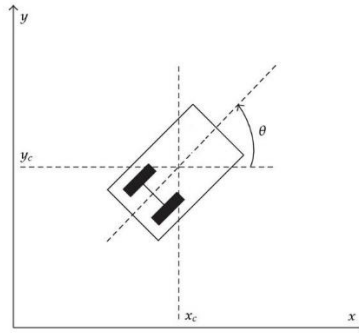


2.2.Rota Açısı

IMU sensörleriyle yapılan çalışmalarda rota açısı terimi robotun gidiş istikametinin, Kuzey (0°) ile arasında olan açıyı ifade etmektedir. Çünkü IMU sensörlerinden gelen açı bilgisi robotun başlangıç rota açısının sıfır derece olduğu kabulüne dayanır. Bu çalışmada ise rota açısı terimi robotun takip ettiği yol üzerinde bulunan yerküre üzerindeki farklı bir noktanın koordinatlarıyla arasında olan açıyı ifade etmektedir.

Resim:2’de temsili bir mobil robotun genel koordinat düzlemine göre konumu (x,y) , robotun kendi eksenlerine göre konumu (x_c,y_c) belirtilmiş ve rota açısı (θ) şekil üzerinde gösterilmiştir.

Resim 2: Rota Açısı (θ)



Bu çalışmada GPS verileriyle navigasyon tamamen rota açısına bağlı olarak yapılmaktadır. Rota açısının hesaplanmasında yerküre üzerinde iki farklı noktanın enlem ve boylam değerleri radyan değerlerine dönüştürülerek kullanılmaktadır. Yerküre üzerindeki iki noktanın eksenleri arasındaki mesafe denklem 1 ve 2 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\Delta_x = x_2 - x_1 = R_E \times \cos(\alpha_2) \times \sin(\beta_2 - \beta_1) \quad (1)$$

$$\Delta_y = y_2 - y_1 = R_E \times \sin(\alpha_2 - \alpha_1) \quad (2)$$

Denklem: 1 ve 2 kullanılarak rota açısı denklem: 3'de görüldüğü gibi hesaplanmaktadır.

$$\theta = \tan^{-1}(\Delta_x, \Delta_y) \quad (3)$$

İki nokta arasındaki uzaklık metre cinsinden denklem: 4 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$d_{1-2} = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2} \quad (4)$$

Burada R_E : Dünyanın yarıçapını, α_1 : bulunulan konumun enlemini, α_2 : hedef konumun enlemini, β_1 : bulunulan konumun boylamını, β_2 : hedef konumun boylamını ifade etmektedir.

2.3. Mobil Robot Kontrolü

Mobil robotun rota açısı (θ_1), bir önceki konumuyla gerçek konumu kullanılarak, olması gereken rota açısı (θ_2) ise gerçek konum ve hedef konum kullanılarak belirlenmiştir.

Mobil robotun kontrolünde, robotun rota açısı ve hedef noktaya doğru ilerleyebilmesi için olması gereken rota açısı arasındaki fark denklem: 5'de elde edildiği şekliyle kullanılarak, oransal (proportional) bir metod ile sağ ve sol motorlara ait PWM değerleri belirlenmiştir.

$$\Delta_\theta = \theta_2 - \theta_1 \quad (5)$$

Denklem: 6'de sağ motora ait PWM değerinin, denklem 7'da ise sol motora ait PWM değerinin hesaplanması gösterilmiştir.

$$PWM_R = 100 - K - (K \times \sin \Delta_\theta) \quad (6)$$

$$PWM_L = 100 - K + (K \times \sin \Delta_\theta) \quad (7)$$

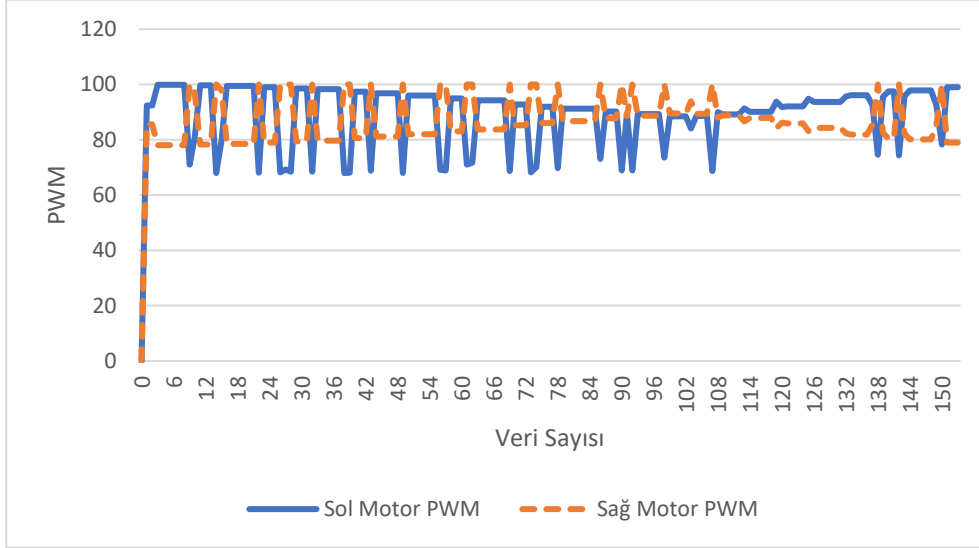
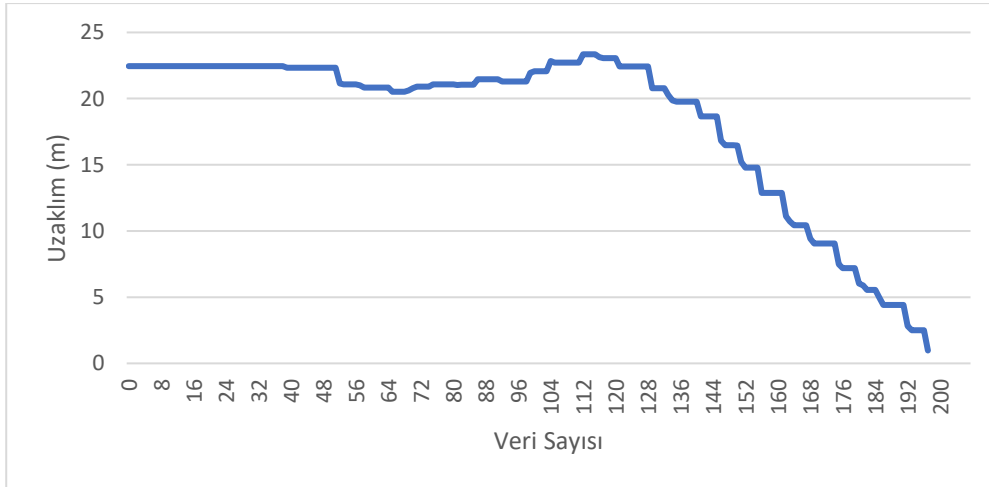
Kontrolde, eğer olması istenen şekilde rota açıları arasındaki fark sıfır olursa kazanç katsayısının (K) sinüs fonksiyonundan gelecek sıfır ile çarpılarak sıfıra gitmesi sağlanmıştır. Bu durumda sağ ve sol motora ait PWM değerleri eşit olur ve robot düz bir istikamette ilerler. Bunun dışındaki tüm durumlarda sinüs fonksiyonundan alınan kontrol parametresi daima sıfırdan büyük bir değer almaktadır ve bu değer de gerçekte olan rota açısıyla olması istenen rota açısı arasındaki fark ile orantılıdır. Rota açılarının eşit olmaması durumunda sağ ve sol motorların PWM değerleri de rota açıları arasındaki fark ile orantısal olarak değişmektedir. Bu değişiklik ile mobil robotun hedefe yönelmesi sağlanmaktadır.

Mobil robotun yazılımını *Natioanal Instruments 2016* programı ve *NI LabVIEW Module for Lego Mindstorms* modülü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sistemde çift yönlü bluetooth iletişimi kullanılmıştır. GPS sensöründen alınan enlem ve boylam bilgileri bilgisayara gönderilmiş, bilgisayar üzerinde gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra oluşturulan kontrol parametreleri de mobil robota gönderilmiştir.

3. BULGULAR

Kampüs içerisinde belirlenen test alanı üzerinde hedef koordinatların belirlenmesinde mobil robot rastgele bir noktaya götürülerek koordinatlar alınmış ve mobil robota bu koordinatlar hedef konum olarak belirtilmiştir. Daha sonrasında hedef konumdan alınan mobil robot yaklaşık 23 m uzaklıkta ve aynı doğrultu üzerinde olmayan farklı bir konuma götürülmüş ve hedef konuma gitmesi istenmiştir. Bu çalışma esnasında mobil robotun anlık; enlem, boylam, uzaklık, sağ ve sol motorlara ait PWM değerleri, rota açısı ve genel koordinat düzleminde yaptığı hareketlere ait veriler kaydedilmiştir. Test esnasında, kullanılan GPS alıcısının dokuz adet GPS uydusuna kilitlendiği tespit edilmiştir.

Şekil: 1’de test güzergahında insansız kara aracına eş zamanlı olarak gönderilen PWM değerlerine ait değişimlerin grafiği verilmiştir. Açıkça görülebileceği üzere hatanın sıfır olduğu bir durum gerçekleşmemiş, araç her iterasyonda hedef konuma yönelebilmek amacıyla dönme hareketi gerçekleştirmiştir.

Şekil 6: Sağ ve Sol Motor PWM Değerlerindeki Değişimin Grafiği**Şekil 7:** Aracın hareketleri esnasında hedef konuma olan uzaklıktaki değişimin grafiği.

Şekil: 2’de test güzergahında insansız kara araçından eş zamanlı olarak alınan hedef konuma uzaklık bilgisinin değişimine ait grafik görülmektedir. Burada İMU kullanılmamasının bir sonucu olarak insansız kara aracının hedef koordinatlara ilerlerken uzaklığın başlangıçta kararsız bir şekilde artıp azaldığı sonrasında ise aracın kararlı bir şekilde hedef koordinatlara ilerlemesi sonucunda sürekli azaldığı görülmektedir.

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada, düşük maliyetli bir mobil robot navigasyon sistemi sadece GPS kullanılarak geliştirilmiştir. Geliştirilen araç çeşitli görevler için özelleştirilebilir. Geliştirilen mobil robot verilen hedef koordinatlara otonom olarak istenilen sırayla gidebilir, gerekli verileri alabilir, kullanıcıya iletebilir ve görevini tamamladıktan sonra üssüne geri dönebilir.

5. KAYNAKLAR

Canan, S. (2006). *Yapay Sinir Ağları ile GPS Destekli Navigasyon Sistemi*. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği.

Ergün, U., Fidan, U., & Ünver, Ş. (2017). Development of GPS Sensor for Lego Mindstorms NXT Using Arduino. In *International Advanced Researches & Engineering Congress* (pp. 1108–1111).

Fidan, U., & Yalçın, Y. (2012). Robot Eğitim Seti Lego Nxt. *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences*, 12(015101), 1–8.

Kim, S., Lee, I. O., Cho, D. I., & Lee, J. (2006). Dynamic Localization of A Mobile Robot With Active Beacon Sensors. *IFAC Proceedings Volumes*, 39(16), 921–925. <https://doi.org/10.3182/20060912-3-DE-2911.00158>

Pinto, M., Moreira, A. P., & Matos, A. (2012). Localization of mobile robots using an extended kalman filter in a LEGO NXT. *IEEE Transactions on Education*, 55(1), 135–144. <https://doi.org/10.1109/TE.2011.2155066>

Reyes, D., Millán, G., Osorio, R., & Lefranc, G. (2015). Mobile Robot Navigation Assisted by GPS. *IEEE Latin America Transactions*, 13(6), 1915–1920. <https://doi.org/10.1109/TLA.2015.7164217>

Sales, D. O., Osório, F. S., & Wolf, D. F. (2011). Topological Autonomous Navigation for Mobile Robots in Indoor Environments using ANN and FSM. In *Conferência Brasileira de Sistemas Embarcados Críticos* (Vol. 12, pp. 729–738). Retrieved from <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/cbsec/2011/paper1.pdf>

Shade, R. (2011). *Choosing Where To Go : Mobile Robot Exploration*. University of Oxford, Department of Engineering Science.

KONJUGE LİNOLEİK ASİT

Öğr. Gör. Dr. Vadullah EREN

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi

Özet: İnsanın yaşamını sürdürebilmesi beslenmesine bağlıdır. Yaşamın sağlıklı bir şekilde sürdürülebilirliği ancak yeterli ve dengeli beslenme ile sağlanabilir (Çelebi ve Karaca, 2006:257). Organizma için gerekli olan besin maddeleri gıdalardan sağlanmaktadır. Aynı zamanda gıdalar, sağlık için önemli etkilere sahip olan omega-3 yağ asitleri, beta karotenler ve likopen gibi birçok bileşiği de içermektedirler (Coşkun, 2005:61). Bu bileşiklerden biriside, ruminant hayvanlardan elde edilen ürünlerde bulunan konjuge linoleik asit (KLA) izomerleridir (Bauman vd., 2003:146). KLA'nın antikanserojenik, antidiyabetik, antiadipojenik ve antiaterojenik (Pariza, 1999:12; Banni vd., 2003:267; Belury, 2003:302; Kritchevsky, 2003:292) ile antimutajenik (Kritchevsky, 2000:1999) gibi özellikleri taşıdığı bildirilmektedir. Yapılan çalışmalarda KLA'nın yararları gösterilmiş ve önemi vurgulanmıştır: KLA içeren diyetin hamsterlerde plazma total kolesterol, trigliserit ve torasik aorta ve aortik arkta kolesterol ile indüklenmiş ateroskleroza azalttığı gösterilmiştir (Nicolosi vd., 1997:266; Gavino vd., 2000:27). Giudetti vd., (2005:247) ise KLA içeren diyetin ratlarda plazma total kolesterolünü azalttığını göstermiştir. Blankson vd., (2000:2943) tarafından obez insanlarda KLA'nın LDL, HDL ve total kolesterolü bütün dozlarda azalttığı gösterilmiştir. KLA'nın kemik dokusunda insülin like growth faktörün konsantrasyonunu değiştirerek kemik oluşumunu ve kas kitlesini arttırdığı bildirilmektedir (Nicolosi vd., 1997:266; Li ve Watkins, 1998:417; Pariza, 1999:283). KLA insan vücudunda sentezlenmemektedir (Fritsche vd.,1999:272). Bu yüzden ruminant hayvanlardan elde edilen et, süt ve özellikle süt ürünleri insan diyetleri için KLA'nın ana kaynaklarını oluşturmaktadır (Chin vd.,1992:185; Benito vd.,2001:229).

Anahtar Kelimeler: Konjuge linoleik asit, beslenme, sağlık

Conjugated Linoleic Acid

Abstract: Man's survival depends on his or her nutrition. A healthy and sustainable life can only be achieved with adequate and balanced nutrition (Çelebi ve Karaca, 2006:257). The nutrients required for the organism are supplied from the food. Foods also include many compounds such as omega-3 fatty acids, beta-carotenes and lycopene, which have important effects for health (Coşkun, 2005:61). One of these compounds is the conjugated linoleic acid

(KLA) isomers present in products obtained from ruminant animals (Bauman vd., 2000:146). CLA is reported to have anticancerogenic, antidiabetic, antiadipogenic and antiatherogenic (Pariza, 1999:12; Banni vd., 2003:267; Belury, 2003:302; Kritchevsky, 2003:292) and antimutagenic (Kritchevsky, 2000:1999). Studies have shown the benefits of CLA and its importance is emphasized: The diet containing KLA has been shown to reduce cholesterol-induced atherosclerosis in plasma total cholesterol, triglyceride and thoracic aorta and aortic arch in hamsters (Nicolosi vd., 1997:266; Gavino vd., 2000:27). Giudetti vd., (2005:247) showed that the diet containing CLA reduces plasma total cholesterol in rats. Blankson vd., (2000:2943) showed that CLA decreases LDL, HDL and total cholesterol in all doses in obese people. It has been reported that CLA increases bone formation and concentration of bone-like insulin-like growth factor, and increases bone formation and muscle mass (Nicolosi vd., 1997:266; Li ve Watkins, 1998:417; Pariza, 1999:283). KLA cannot be synthesized in the human body (Fritsche vd.,1999:272). Therefore, meat, milk and especially dairy products obtained from ruminant animals constitute the main sources of CLA for human diets (Chin vd.,1992:185; Benito vd., 2001:229).

Keywords: Conjugated linoleic acid, nutrition, health

Organizma için gerekli olan protein, enerji, vitamin ve mineraller gibi besin maddeleri gıdalardan sağlanmaktadır. Aynı zamanda bu gıdalar, sağlık için önemli etkilere sahip olan omega-3 yağ asitleri, beta karotenler ve likopen gibi birçok bileşiği de içermektedirler (Coşkun, 2005:61). Bu bileşiklerden biriside, ruminant hayvanlardan elde edilen ürünlerde bulunan KLA izomerleridir (Bauman vd., 2003:146). KLA'nın antikanserojenik, antidiyabetik, antiadipojenik ve antiaterojenik Pariza, 1999:12; Banni vd., 2003:267; Belury, 2003:302; Kritchevsky, 2003:292) ile antimutajenik (Kritchevsky, 2000:292) gibi özellikleri taşıdığı bildirilmektedir.

Yapılan çalışmalarda KLA'nın yararları gösterilmiş ve önemi vurgulanmıştır: KLA içeren dietin hamsterlerde plazma total kolesterol, trigliserit ve torasik aorta ve aortik arkta kolesterol ile indüklenmiş ateroskleroza azalttığı gösterilmiştir (Nicolosi vd., 1997:266; Gavino vd., 2000:27). KLA insan vücudunda sentezlenememektedir (Fritsche vd., 1999:272). Bu yüzden ruminant hayvanlardan elde edilen et, süt ve özellikle süt ürünleri insan diyetleri için KLA'nın ana kaynaklarını oluşturmaktadır (Chin vd., 1992:185; Benito vd., 2001:229). Ruminant hayvanlardan elde edilen et, süt ve özellikle süt ürünlerinde bulunan KLA düzeyinin beslemeye bağlı olarak değişebileceği bildirilmektedir (Yaralı vd., 2007:44).

Meraya dayalı süt inekçiliğinde, besleme maliyetini düşürmek için mevcut kaynakların kullanılması, sütün bileşimi ve fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi

üretici, sanayici ve tüketici için büyük önem taşımaktadır. Sütün bileşimini ve fonksiyonel özelliklerini değiştirmek için inek besleme ve otlatma yönetimi, inek genetiği ve süt üretim teknolojileri gibi alanlarda değişik uygulamalar yapılmaktadır. İşletme bazında, süt yağı kompozisyonunun değiştirilmesi düşüncesi işletme için daha karlı olacaksa uygulanır. Normalde, teknolojik olarak sütün işlenerek değiştirilmesi en çok dikkate alınan seçenektir. Bununla birlikte, çiftlikte süt yağı kompozisyonunun değiştirilmesi için, örneğin KLA miktarının artırılması gibi ya da süt yağ asitleri (FA) bileşiminin daha iyi bir şekilde geliştirilmesi için çeşitli uygulamalar yapılmaktadır.

Sığırlardan elde edilen süt, antitrombotik ve antimikrobiyal etkileri olan yararlı amino asitler içeren değerli ve doğal bir besin kaynağı olarak kabul edilmektedir (Park vd., 2007:88). Süt bir gıda maddesi olarak sağlık açısından eskiden beri yanlış değerlendirilmiştir (Elwood vd., 2008:723). Süt, insan sağlığına zarar veren yüksek doymuş yağ içeriğine sahip bir gıda maddesi olarak değerlendirilmiştir. FA'nin % 70'ini doymuş (saturated fatty acids, SFA),% 25'ini tekli doymamış (Mono unsaturated fatty acids, MUFA) ve % 5'ini poli doymamış yağ asitleri (poly unsaturated fatty acids, PUFA) oluşturmaktadır (Grummer, 1991:285). Süt geçmişten günümüze kadar insan sağlığı için önemli bir gıda maddesi olarak yerini korumuştur. Süt ürünleri yağında 400 kadar farklı süt yağı asidi bulunduğu bildirilmektedir (Jensen, 2002:295). Bunlar genellikle beslemeye bağlı ruminal mikrobiyal modifikasyon yağ asitleridir. Geviş getirenlerin sütlerinin yağ asitleri; Zincir uzunluğu C14: 0 kadar olanlar meme bezinde sentezlenirken, zincir uzunluğu C18: 0 ve daha uzun olanlar beslemeye bağlı olarak elde edilir ki KLA de bunlardan birisidir. Kanola tohumları (% 60 oleik asit) ile beslenen ineklerde, oleik asit düzeyi artarken süt yağındaki laurik, miristik ve palmitik yağ asitleri oranlarının önemli ölçüde azaldığı bildirilmektedir (Ashes vd.,1992:1090). Oluşan yağ kompozisyonu % 51 SFA,% 39 MUFA ve % 10 PUFA içeriyordu. Bu süt ürünlerini tüketen kişilerin plazma toplam kolesterol düzeyi klasik süt ürünleri alınmasına kıyasla % 4.5 azalmıştır (Noakes vd.,1996:42). Süt sığırlarının beslenmesinde başlıca besin kaynağı olarak taze yem kullanarak (Elgersma vd., 2004:13) ya da yararlı UFA'nın süte geçmesine izin veren yağlı tohumlar ile takviye edilmiş rasyon verilerek süt yağının kompozisyonu değiştirilebilmekte ve KLA seviyeleri artırılabilir (Chilliard vd., 2006:281). KLA'nın insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri olduğuna inanılmaktadır (Pariza vd., 2001:283; Jensen, 2002:295; Parodi, 2009:345). Kardiyovasküler hastalık riskini azalttığı, astım, diyabet, ateroskleroz ve bazı kanser türlerinin insidansını da azaltabileceği, kemik mineralizasyonunu artırabileceği bildirilmektedir (Belury, 1995:302; Banni ve Martin, 1998:261).

Taze yeşil yemlerin lipid bileşimi büyük ölçüde glikolipid ve fosfolipitlerden oluşur ve yağ asidi olarak büyük oranda linolenik ve linoleik asit bulunmaktadır.

Konsantre yemlerde kullanılan tohum yağlarının lipit bileşimi trigliseritlerden oluşmakta ve baskın yağ asidi olarak linoleik ve oleik asit bulunmaktadır. Rasyondaki yağlar geviş getirenler tarafından rumende iki değişime uğratılır (Dawson ve Kemp, 1970:504; Keeney, 1970:489; Dawson vd.,1977:225). Önce mikrobiyal lipazlar tarafından ester bağları hidrolize edilir daha sonra dayag asitlerinin biyohidrojenasyonu gerçekleştirilir. Bakteriler rumende yağ asitlerinin biyohidrojenasyonundan büyük ölçüde sorumludur (Harfoot ve Hazlewood, 1988). İnek sütü yağında “yararlı” polidoymamış yağ asitleri (PUFA) içeriği düşüktür. % 1 ila % 3 arasında değişen linoleik asit (C18: 2n-6) ve linolenik asit (C18: 3n-3) sütte KLA'nın ana izomeri olan toplam süt yağ asitlerinin% 0.5-2'si kadardır (Simopoulos, 2002:365). Süt yağının içerdiği linolenik asit içeriği, çoğu kez yüksek kaliteli meralarda otlatma yoluyla doğrudan artırılabilir (Dewhurst vd., 2006:329). LCFA'yı da yağlı tohumlar (pamuk tohumu veya keten tohumu) ile besleyerek arttırmak mümkündür ve süt yağ asitleri kompozisyonu, süt ineği rasyonundaki yemlerin yağ asitleri bileşimi ile ilişkili olduğundan (Khanal ve Olson, 2004:82), yem, yağ ilaveleri ve yemleme sistemlerinin etkileri de dikkate alınmalıdır. KLA terimi, konjuge doymamış çift bağlar içeren linoleik asitin (cis-9, cis-12 oktadekadienoik asit) pozisyonel ve geometrik izomerlerinin bir karışımını ifade eder. Ruminant yağlardaki baskın KLA izomeri C18: 2 cis-9, trans-11 (RA) dir. Süt KLA'nın çoğunluğu (% 95'e kadar), meme bezlerindeki sentezle (Griinari vd., 2000:2285) ruminal biyohidrojenasyondan kaynaklanan trans-11 C18: 1 ile elde edilir (Palmquist ve vd., 2005:179). KLA otlayan yani meraya dayalı ya da belirli yağ asitleri yüksek oranda içeren rasyonlarla beslenen ineklerin sütünde yüksek oranlarda bulunmaktadır. KLA son yıllarda önemli derecede ilgi görmektedir. Çünkü vücut kompozisyonu ve yağ metabolizması üzerindeki anti-kanserojen ve anti-aterojenik etkiler dahil sağlıkla ilgili çeşitli faydalı etkileri deney hayvanlarında gösterilmiştir (Benjamin ve Spener, 2009:36). İnsan sağlığı üzerinde olumlu etkilerinin gösterilmesi durumunda, KLA konsantrasyonu yüksek olan süt ve süt ürünlerinin besin ve tedavi değerini artıracaktır. Sütün içindeki ortalama KLA içeriği toplam FA'nın % 0.3 ila 0.6 arasında değişmektedir (Kelly vd., 1998:881). İnsanlar açısından KLA'nın yüksek düzeyde alımı, ya ruminant kökenli gıdaların tüketimini artırarak veya ruminant kökenli türetilen gıdaların KLA içeriğini artırmakla sağlanabilir. İkinci yaklaşım daha pratiktir. Rumende, rasyon lipitleri hidrolize olur ve bu da UFA'nın rumen mikroorganizmaları tarafından SFA'ya dönüşmesine yol açar (Harfoot ve Hazlewood, 1988). Merada otlatılarak yetiştirilen süt inekçiliğinde elde edilen sütün daha yüksek KLA içeriğine sahip olduğu bildirilmektedir (Dhiman vd., 1999:412). Tam yağlı ve preslenmiş pamuk tohumu ile beslemede süt içerisindeki KLA içeriğinin arttığı belirtilmektedir (Kelly vd.,1998:881; Dhiman vd.,1999:412).

Mera otları linolenik asit bakımından zengindir (C18: 3). Soya fasulyesi, pamuk çekirdeği ve ayçiçek yağı içindeki yağlar linoleik asit bakımından zengin kaynaklardır (C18: 2). Yemyeşil otlaklarda otlayan süt inekleri en yüksek CLA seviyesine sahip süt yağı üretirler (Dewhurst vd., 2003:329; Elgersma vd., 2003:117; Khanal ve Olson, 2004:82). Genel olarak mera beslemesi, süt yağının KLA içeriğini, aynı lipid içeriği veya korunmuş yemler ile toplam karma rasyon (TMR) ile beslenmeye kıyasla arttırmaktadır (González Rodríguez vd., 2009:519). Ayrıca, süt yağı KLA içeriği diyetteki mera oranlarının artmasıyla artmaktadır (Stanton vd., 1997:1083; Kelly vd., 1998:881; Dhiman vd.,1999:412; Roca-Fernández vd., 2012). Otların kart olmaması da süt yağının CLA içeriğini etkileyen önemli bir faktör olarak görülmektedir. Erken büyüme aşamasında bulunan otların, daha geç büyüme döneminde bulunan otlara nazaran rasyon içindeki payı arttıkça süt yağı CLA içeriği de artmaktadır (Chouinard vd.,1998:471).

Sonuç olarak; İklim koşullarının uygun olduğu yerlerde sürdürülebilir mera temelli süt ineklerinin beslenmesi süt yağı asitleri bileşiminde önemli rol oynamaktadır. Nemli bölgelerde sürdürülebilir mera temelli süt üretimine ağırlık verilerek hem ekonomik süt üretimi hemde insan sağlığı açısından önemli yararları bulunan süt yağı içerisinde bulunan KLA miktarı artırılarak daha kaliteli bir süt üretimi gerçekleştirilebilir. Bu durumda üretici açısından katma değeri artmış ve besleme maliyetleri aşağı çekilmiş karlı bir üretim gerçekleştirilmiş olur.

KAYNAKÇA

- Ashes, J.R., Vincent, S.T., Welch, P., Gulati, S.K., Scott, T.W., Brown, G.H. ve Blakeley, S. (1992). "Manipulation of the fatty acid composition of milk by feeding protected canola seeds", *J. Dairy Sci.* 75: 1090-1096.
- Banni, S. ve Martin, J.C. (1998). Conjugated linoleic acid and metabolites, *Trans Fatty Acids in Human Nutrition*.
- Banni, S., Heys, C.S.D. ve Wahle, K.W.J. (2003) Conjugated linoleic acid as anti-cancer nutrients: Studies in vivo and cellular mechanisms. In J.Sebedio, W.W. Christie, and R. Adolf (ed) *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, 2: 267-281. AOCS Press, Champaign, IL
- Bauman, D.E., Corl, B.A. ve Peterson, D.G. (2003). The biology of conjugated linoleic acids in ruminants, *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*.

- Belury, M.A. (2003) Conjugated linoleic acids in type 2 diabetes mellitus: implications and potential mechanisms. In J. Sebedio, W.W. Christie and R. Adolf (ed) *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, 2: 302-315. AOCS Press, Champaign, IL.
- Benito, P., Nelson, G.J., Kelley, D.S., Bartolini, G., Schmidt, P.S. ve Simon, V. (2001) "The effects of conjugated linoleic acid on plasma lipoproteins and tissue fatty acid composition in humans", *Lipids* 36: 229-236.
- Benjamin, S., ve Spener, F. (2009). "Conjugated linoleic acids as functional food: an insight into their health benefits", *Nutrition & Metabolism*, 6(1): 36.
- Blankson, H., Stakkestad, J. A., Fagertun, H., Thom, E., Wadstein, J., ve Gudmundsen, O. (2000). "Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans", *The Journal of nutrition*, 130(12): 2943-2948.
- Chilliard, Y., Rouel, J., Ferlay, A., Bernard, L., Gaborit, P., Raynal Ljutovac K., Lauret A. ve Leroux, C. (2006). *Optimising goat's milk and cheese fatty acid composition, Improving the Fat Content of Foods*. Ed., Wood-Head Publ. Ltd. UK.
- Chin, S.F., Liu, W., Strokson, L.M., Ha, Y.L. ve Pariza, M.W. (1992). "Dietary sources conjugated linoleic isomers of linoleic acid a newly recognized class of anticarcinogens", *J. Food. Comp. Anal.* 5: 185-197.
- Chouinard, P. Y., Girard, V., ve Brisson, G. J. (1998). "Fatty acid profile and physical properties of milk fat from cows fed calcium salts of fatty acids with varying unsaturation", *Journal of Dairy Science*, 81(2): 471-481.
- Coşkun, T. (2005). "Fonksiyonel besinlerin sağlığımız üzerine etkileri", *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi* 48(1): 61-84.
- Çelebi, Ş. ve Karaca, H.(2006). "Yumurtanın Besin Değeri, Kolesterol İçeriği ve Yumurdayı n-3 yağ asitleri Bakımından Zenginleştirmeye Yönelik Çalışmalar", *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 37 (2): 257-265.
- Dawson, R.M.C. ve Kemp, P. (1970). *Biohydrogenation of dietary fats in ruminants*. A.T. Phillipson. *Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant*. Ed., Oriel Press. Newcastle, UK.
- Dawson, R.M.C., Hemington, N. ve Hazlewood, G.P. (1977). "On the role of higher plant and microbial lipases in the ruminal hydrolysis of grass lipids", *Br. J. Nutr.* 38: 225-232.
- Dewhurst, R.J., Scollan, N.D., Lee, M.R.F., Ougham, H.J. ve Humphreys, M.O. (2003). "Forage breeding and management to increase the beneficial fatty acid content of ruminant products", *Proc. Nutr. Soc.* 62: 329-336.

- Dewhurst, R.J., Shingfield, K.J., Lee, M.R.F. ve Scollan, N.D. (2006). "Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in highforage systems", *Anim. Feed Sci. Technol.* 131: 168-206.
- Dhiman, T.R., Helmink, E.D., McMahon, D.J., Fife, R.L. ve Pariza, M.W. (1999). "Conjugated linoleic acid content of milk and cheese from cows fed extruded oilseeds", *J. Dairy Sci.* 82: 412-419.
- Elgersma, A., Ellen, G., Dekker, P.R., Van Der Horst, H., Boer, H. ve Tamminga, S. (2003). "Effects of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) cultivars with different linolenic acid contents on milk fatty acid composition", *Asp. Appl. Biol.* 70: 107-114.
- Elgersma, A., Ellen, G., Van Der Horst, H., Muuse, B.G., Boer, H. ve Tamminga, S. (2004). "Quick changes in milk fat composition after transition from fresh grass to a silage diet and effects on consumer health benefits", *Anim. Feed Sci. Techn.* 117: 13-27.
- Elwood, P.C., Givens, D.I., Beswick, A.D., Fehily, A.M., Pickering, J.E. ve Gallacher J. (2008). "The survival advantage of milk and dairy consumption: An overview of evidence from cohort studies of vascular diseases, diabetes and cancer", *J. Amer. Coll. Nutr.* 27: 723-734.
- Fritsche, J., Richkert, R.H., Steinhart, H., Yurawecz, M.P., Mossaba, M.M., Sehat, N., Roach, J.A.G., Kramer, J.K.G. ve Ku, Y. (1999) "Conjugated linoleic acid(CLA) isomers", *Fett Lipid* 101: 272-276.
- Gavino, V.C., Gavino, G., Leblanc, M.J. ve Tuchweber, B. (2000). "An isomeric mixture of conjugated linoleic acids but not pure cis-9, trans-11-octadecadienoic acid affects body weight gain and plasma lipids in hamsters", *J Nutr* 130: 27-39.
- González-Rodríguez, A., Roca-Fernández, A.I., Vázquez-Yáñez, O.P. ve Fernández-Casado J.A. (2009). Contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en leche de vacuno en sistemas de producción en pastoreo en zonas húmedas. *Proc. Libro de Actas de la XLVIII Reunión Científica de la SEEP.*
- Griinari, J.M., Corl, B.A., Lacy, S.H., Chouinard, P.Y., Nurmela K.V.V. ve Bauman D.E. (2000). "Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by $\Delta 9$ desaturase", *J. Nutr.* 130: 2285-2291.
- Grummer, R.R. (1991). Effect of feed on the composition of milk fat. *J. Dairy Sci.* 74, 3244-3257.

- Guidetti, P., Verginella, L., Viva, C., Odorico, R. ve Boero, F. (2005). "Protection effects on fish assemblages, and comparison of two visual-census in shallow artificial rocky habitats in the northern Adriatic Sea", *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 85: 247–255
- Hafoot, C. G., ve Hazlewood, G. P. (1998). Lipid metabolism in the rumen. In the rumen microbial ecosystem.
- Jensen, R.G. (2002). "The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000", *J. Dairy Sci.* 85: 295-350.
- Keeny, M. (1970). Lipid metabolism in the rumen. *Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant*. A.T. Phillipson Ed., Oriel Press. Newcastle, UK.
- Kelly, M.L., Berry J.R., Dwyer D.A., Griinari J.M., Chouinard P.Y., Van Amburgh M.E. ve Bauman D.E. (1998). "Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows", *J. Nutr.* 128: 881-885.
- Khanal, R.C. ve Olson, K.C. (2004). "Factors affecting conjugated linoleic acid (CLA) content in milk, meat, and egg: A Review", *Pakistan J. Nutr.* 3(2): 82-98.
- Kritchevsky, D. (2000). "Clandinin, effects of conjugated linoleic acid", *Br. J. Nutr.*, 83: 1999-2008.
- Kritchevsky, D. (2003). Conjugated linoleic acid in experimental atherosclerosis, In J. Sebedio, W.W. Christie, and R. Adolf (ed) *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, 2: 292-301. AOCS Press, Champaign, IL.
- Li, Y., ve Watkins, B. A. (1998). "Conjugated linoleic acids alter bone fatty acid composition and reduce ex vivo prostaglandin E 2 biosynthesis in rats fed n-6 or n-3 fatty acids", *Lipids*, 33(4): 417-425.
- Nicolosi, R.J., Rogers, E.J., Kritchevsky, D., Scimeca, J.A. ve Huth, P.J. (1997). "Dietary conjugated linoleic acid reduces plasma lipoproteins and early aortic atherosclerosis in hypercholesterolemic hamsters", *Artery* 22: 266-277.
- Noakes, M., Nestel, P. J., ve Clifton, P. M. (1996). "Modifying the fatty acid profile of dairy products through feedlot technology lowers plasma cholesterol of humans consuming the products", *The American journal of clinical nutrition*, 63(1): 42-46.
- Palmquist, D.L., Lock, A.L., Shingfield, K.J. ve Bauman, D.E. (2005). Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. Pp. 179-217 in *Advances in Food and Nutrition Research*. Vol. 50. S.L. Taylor Ed., Elsevier Inc., San Diego, USA.

- Pariza, M.W. (1999). The biological activities of conjugated linoleic acid. In M.P. Yurawecz, M.M. Mossoba, J.K.G. Kramer, M.W. Pariza, and G.J. Nelson (ed) *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, I: 12-20. AOCS Press, Champaign, IL
- Pariza, M.W., Park Y. ve Cook, M.E. (2001). "The biologically active isomers of conjugated linoleic acid", *Progr. Lipid. Res.* 40: 283-298.
- Park, Y.W., Juarez, M., Ramos, M. ve Haenlein, G.F.W. (2007). "Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk", *Small Rumin. Res.* 68: 88-113.
- Parodi, P.W. (2009). "Review: has the association between saturated fatty acids, serum cholesterol and coronary heart disease been over emphasized?", *Int. Dairy J.* 19: 345-361.
- Roca-Fernández, A.I., González-Rodríguez, A., Vázquez-Yáñez, O.P. ve Fernández-Casado J.A. (2012). Effect of forage source (grazing vs. silage) on conjugated linoleic acid content in milk fat of Holstein-Friesian dairy cows from Galicia (NW Spain). *Span. J. Agric. Res.* in press.
- Simopoulos, A.P. (2002). "The importance of the ratio of omega6/omega-3 essential fatty acids", *Biomed. Pharmacother.* 56: 365-379.
- Stanton, C., Lawless, F., Kjellmer, G., Harrington, D., Devery, R., Connolly, J.F. ve Murphy, J. (1997). "Dietary influences on bovine milk cis-9, trans-11-conjugated linoleic acid content", *J. Food Sci.* 62: 1083-1086.
- Yaralı, E., Karaca, O. ve Yılmaz, O. (2007) "Yağ Asitlerinin Et Kalitesi Üzerine Etkileri", *HASAD Hayvancılık Dergisi*, 263: 44-52.

SİMÜLASYON KURAMI BAĞLAMINDA İÇ MEKÂN TASARIMINDA SİMÜLE EDİLMİŞ LÜKS KONUT SİTELER

Arş. Gör. Ayşe İpek ERGENE
Maltepe Üniversitesi

Özet: Simülasyon kuramı, Jean Baudrillard tarafından ortaya konmuş, modern dönemin sonlarına doğru başlayan daha sonrasında ise günümüz post modern dünyasında devam eden gelişmelere karşı eleştirel bir gözle bakmayı sağlayan bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Simülasyon kuramı bağlamında, bireyler tarafından barınma ihtiyaçları için hipergerçek, dış dünyadan kopuk, yalıtımlı ve kendi içinde komplike mekanlar tercih edilmektedir. Küreselleşmenin etkisiyle bireylerin barındığı alanlarda da mekânsal değişikliklere gidildiği ve bu tür taleplerin çokça arttığı gözlemlenmektedir. Özellikle çalışan, yüksek eğitilmiş, orta ve üst sınıf grubuna ait bireylerin lüks konut siteleri tercih ettiği görülmektedir.

Çalışma kapsamında, simülasyon kavramı, bu kavramın site mantığına etkisi, bireylerin bu tip siteleri tercih etme sebepleri konuları araştırılmış ve bu çalışmaya örnek oluşturulabilecek rastgele seçilen İstanbul Avrupa Yakasında bulunan lüks konut site hakkında kendi web sayfası üzerinden bilgiler toplanmıştır. Tüm bu bilgiler, iç mimari veriler ile yorumlanarak çalışma oluşturulmuştur. Çalışmanın amacı, kuramın çerçevesini genel hatlarıyla çizmek ve bu kurama bağlı olarak örneklem seçilen lüks konut sitesini ele almaktır. Çalışma, bu konu ile ilgili daha önce yapılmış olan web sitesindeki içerik ile sınırlı kalmaktadır. Araştırmaya yönelik olarak; simülasyon, yeni tüketim araçları, iç mekan tasarımı ve birey üzerinde yeni tüketim araçlarının etkisi vb. konular, daha önce yapılmış olan tez çalışmaları, kitaplar, makaleler, süreli yayınlar ve internet taramaları gibi kaynaklardan yararlanılmıştır. Çalışmanın yöntemi kuramsal tartışmanın yanında lüks konut sitesinin web sayfası üzerinden içerik analizi ve görsel çözümlemedir. Simülasyon ve yeni tüketim araçlarından lüks konut sitelerinin birbiri ile ilişkisinin direk bağlantılı olduğu saptanmış ve postmodern dünyada bu bağlantının ne kadar geçerli olduğu incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Simülasyon, Simüle Edilmiş Mekanlar, Lüks Konut Siteleri, Birey Algısı

Simulated Luxury Residential Sites of the Interior Design in the Context of Simulation Theory

Abstract: The theory of simulation emerges as a concept which has been put forward by Jean Baudrillard and started towards the end of the modern period which allows us to look critically against the ongoing developments in today's post-modern world. In the context of simulation theory, hyper-realistic, detached, insulated and self-complicated spaces are preferred for housing needs. It is observed that spatial changes are made in the areas where individuals are sheltered with the effect of globalization and such demands have increased considerably. It is seen that individuals who are working, highly educated, middle and upper class prefer luxury housing sites.

Within the scope of the study, the concept of simulation, the effect of this concept on the site logic, the reasons why individuals prefer these types of sites were investigated and information was collected about the luxury housing site located on the randomly selected Istanbul European Side on its web page. All this information is interpreted by searching the interior architecture data on that page. The aim of the study is to outline the framework of theory and to examine the chosen luxury housing site depending on this theory. The study is limited to the content on the website previously made on this subject. For the purpose of research; simulation, new consumption tools, design of interior design and the effect of new consumption tools on the individual and some topics such as thesis studies, books, articles, periodicals and internet scans were used. The methodology of the study is the content analysis and visual analysis through the web page of the luxury housing website as well as the theoretical discussion. It has been found that the relationship between the simulation and new consumption vehicles and the luxury housing sites are directly related and the validity of this connection in the postmodern world is examined.

Key Words: Simulation, Simulated Spaces, Luxury Residential Sites, Individual Perception

1. GİRİŞ

Günümüzde dönüşen ve değişen toplum düzeni, bireyin en temel ihtiyaçlarından biri olan barınma ihtiyacının da farklılıklar göstermesine sebep olmuştur. 20. yy'ın sonlarına doğru küreselleşmenin etkisiyle ekonomide yaşanan gelişmeler post-modernizmin dünyaya hakim oluşu, toplumsal yaşantıda bir çok yeniliğin hayatımıza girmesini sağlamıştır. Bu şekillenmenin önemli yansımaları birey için barınma ihtiyacının giderildiği konut tiplerinde yaşanan değişimlerde de görülmektedir. Toplumsal değişimlerle gelen alışkanların her yere sızması bireyleri bu tür binalar inşa etmeye teşvik etmektedir. Bu doğrultuda birey içinde bağlı bulunduğu duruma ayak

uydurarak farklı konut tiplerini de hayatına sokmaya ve denemeye değer bulmaktadır. Gelişmekte olan bölgelerde daha sık karşımıza çıkan lüks konut site tipi, dönüşen bireyin beklentilerini göz önüne alarak sunduğu kimlik özellikleri ve vaat ettiği yaşam tarzıyla kendini geliştirmektedir. Bu tip konut yapılarının içinde barındırdığı imajların yanında çoğu zaman bir temaya da sahip olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada da, son zamanların önemli tüketim araçlarından olarak kabul edilen lüks konut sitelerinin mimari ve iç mimari disiplinlerinin yardımıyla, nasıl pazarlama stratejileri kullanılarak bireyler üzerinde etkili olduğu ve tercih edildiği araştırılmakta ve örnek bir lüks konut site üzerinden incelenmektedir.

2. SİMÜLE EDİLMİŞ LÜKS KONUT SİTELER VE MEKAN TASARIMI İLİŞKİSİ

Çalışmanın ilgi alanı olan simüle edilmiş lüks konut siteler kısmına değinmeden önce simüle etmek kavramının ne olduğunu tanımlamak gerekmektedir. Baudrillard'a göre;

“SİMÜLE ETMEK: Gerçek olmayan bir şeyi gerçekmiş gibi sunmak, göstermeye çalışmak”tır (Baudrillard, 2011:8).

Simülasyon kuramı bağlamında söz konusu olan mekanlara örnek oluşturabilecek simüle mekanlar ise şöyle sıralanabilmektedir; fast food veya alakart restoranlar, perakende, indirimli veya zincir mağazalar, alışveriş merkezleri, yeme içme mekanları, eğlence mekanları, spor merkezleri, hastaneler, havaalanları, seyahat gemileri, üniversiteler, lüks konut siteler vb.

Simüle edilmiş bu tip mekanların, birçok sosyal aktiviteyi içinde barındırdığı görülmektedir. Coşkulu, büyümlü ve heyecan yaratacak tasarım seçeneklerinin oluşu bu mekanları cazip kılmaktadır. Bu sebeple, mekan tasarımcısının bu tip yeni tüketim araçlarının tasarımlarını uygularken bu noktalara hakim olması ve bu yolda tasarımlarını ortaya koyması gerekmektedir. Yeni tüketim araçlarının ortak özelliklerini sıraladığımızda mekan bağlılığı açısından bu tip komplekslerin tercih edilmesi tesadüf değildir. Simüle edilmiş mekanlar tarihsel bir boşluktan doğmamış, bugüne kadar önemini koruyan başka öncelikleri olduğu için ortaya çıkmıştır. Birey, üretim bandının gelişiminden bu yana, eskisinden çok daha fazla mala ve hizmete istediği zamanda ulaşabilmekte ve kültürlerin eskiye oranla çok daha çabuk birbirleri içine girdiği görülmektedir. Bununla birlikte bireyler, gerçekten daha çok sahte olanın gerçekliğini tercih etmektedir. Postmodern toplumsal kuramının en büyük önemini büyülenmeye yaptığı vurgu, modern dünyada büyülenmenin yokluğu ve süregelen büyülenme ihtiyacı olduğunu da unutmamamız gerekir. Günümüzde bireye, düşlenen

daha güzel gelmekte ve büyülenme arzusunun her alanında ihtiyaç duymaktadır. Simüle edilen mekanlarda da gerçek olmayacak kadar kusursuz, denetimli ve güvenli bir yapının olduğu göze çarpmakta, rüya benzeri mekanlar tasarlandığı görülmektedir.

Dünya var olduğundan beri birey her daim bir yerde yaşama gereği duymakta böylelikle mimari ve iç mimari alanda bu döngüyle beraber en çok etkilenen disiplinler arasında yer almaktadır. Bu alanlar açısından bakıldığında son yıllarda gelinen noktada, konut tipi olarak da lüks konut sitelerini örnek göstermek yanlış olmayacaktır. Postmodern dönemde tüketim kültürünün etkili olduğu dünyada, bu tip konut seçenekleri bireyler için arzulanan bir imge haline gelen ve edinilmesi zevk uyandıran meta görevi görmekte ve tüketim nesnesi haline dönüşmektedir.

Bu sebeple; dünyada 1960, Türkiye de ise özellikle 1980 yılları sonrası yaşanan bu değişim ve dönüşümlerin yaşam tarzımıza bir yansıması olarak görülebilecek olan lüks konut siteleri örnek gösterilebilmektedir. Yaşadığı bu durumu, yaşamının her noktasında uygulayabileceği fırsatları rahatlıkla bulabilen; özellikle çalışan, yüksek eğitilmiş, orta ve üst sınıf grubuna ait bireylerin bu alışkanlığını, konut seçiminde de tercih ettiği söylenebilmektedir. Gelişen kitle iletişim araçlarının etkisiyle bu dönemde mimari ve iç mimari alanlar da değişim göstermekte, mekan deneyiminin geçmişe kıyasla aynı kalabildiği söylemek mümkün gözükmemektedir.

“...mimarlığın yalnızca mimarlık disiplininin tekeline bir olgu olmadığı fikrinden hareketle, pratik anlamda ‘mekan üretenlerin’ yanında, felsefi ve teorik anlamda ‘mekan üzerine düşünce üretenlere’ de alan açmanın gerekliliğine işaret eder. Mimarlık üzerine henüz konuşulmamış olanın konuşulmaya, henüz düşünülmemiş olanın düşünülmeye, henüz temsil edilmemiş olanın temsil edilmeye başladığı bu tür bir alanın açılması, bizlere mimarlığı sessizleştiren ve onu sabit-değişmez anla(tı)mlara hapseden kanonik anlayışın aksine, anlatısını sürekli ötekiliğe, başkalaşıma, kesintisiz bir oluşa açan bir mimarlık kavrayışı sunar” (Artun ve Ojalvo, 2012:156).

Bu bakış açısından yola çıkarak, yeni tüketim araçlarından biri olarak kabul edilen temalı lüks konut sitelerinin mimari ve iç mimari uygulamalarının bireyler üzerinde ne anlama geldiğini daha geniş çerçevede düşünerek incelemek gerekmektedir.

3. LÜKS KAPALI SİTELERİN BİREYLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Günümüzde, bireylerin o anda veya daha önceden hiç orada bulunmadıkları veya gerçekte hiç sahip olamayacakları herhangi bir mekan, konsepti, durumu vb. lüks konut sitelerinin içinde tasarlayarak, bireyin barınma ihtiyacının yanında onun

içinde bulunmak istediği hava yaratılmaya çalışılır ve seçilen temaya uygun olan görseller kullanılarak simüle edilmiş siteler bu şekilde satışa çıkarılır.

“Bilindiği üzere algılanan dünyada birey, dünyasını nesnelere üzerinden kurar ve yaşamını tanıdığı nesnelere üzerinden biçimlendirir” (Artun ve Ojalvo, 2012:238).

İmge tüketiminin giderek arttığı dünyamızda mekanların dışarıda kalması ve etkilenmemesi imkansız durmaktadır. Postmodern dönemde, olduğu gibi görünmek istemeyen günümüz bireyi çevresinde sahip olduğu göstergelere tutunarak var olmayı hedeflemektedir. Kurumlar tıpkı piyasaya sürülen bir marka gibi satışa çıkaracağı lüks konut siteyi de öyle ele almaktadır. Markalaşma faaliyeti ile başlayan ve marka imajı ile sonlanan bir marka çalışması gibi bu konunun üzerinde hassasiyet göstermektedirler. Kurum, oluşturduğu markalaşma çalışmalarının meyvesini, alıcıda oluşan marka imajının olumlu geri dönüşlerinden almaktadır. Konut sektöründe yaşanan bu yenilenme ile piyasadaki kurumlar bazı konuları yakından takip etmek durumunda kalmıştır. Kurum, konut alıcısının barınma fikrinden ne anladığını, ne beklentiler içinde olduğunu, neleri arzuladığını, rekabet çevresinde ise durumun ne olduğunu, bu tip yapılarda marka olmanın önemi vb. konulara eğilme durumunda kalmıştır. Bu tip siteler de de, genellikle bireylerde oluşturulmak istenen algı; lüks, kalite, güven, huzur imajları şeklinde sıralanabilmektedir. Bu sebeple, apartman dairelerine oranla lüks konut sitelerin sağladığı güvenlik hizmetleri, bireylere bu dönemde istedikleri dış dünyadan kopuk ve yalıtımlı bir hayat sunmaktadır. Böylece birey, yaşadığı alanda izole kalabilecek, kendi standartlarını koruyabilecek ve oluşabilecek olumsuzlukları yok edebilecek bir ortam oluşturabilecektir. Günümüz bireyinin beklenmedik şeylerle karşılaşmak ve başarısız olmak hoşuna gitmemekte, bu sebeple güven ve aidiyet duygusu bu konuda önem taşımaktadır. Genellikle lüks kapalı sitelerin bu tür imajlar barındırmasının yanında bir de sahip olduğu tematik durum ile adından söz ettirmektedir. Simüle edilmiş mekan tasarımlarının ortaya konması, son yıllarda temalı lüks konut siteler tarafından da yeni boyutlara taşınmıştır. Bu tip sitelerin çekiciliklerinin temeli simüle edilmiş tasarımlarına dayanmaktadır. Simüle edilme üzere seçilmiş olan konuya uygun şekilde inşa edilir ve tasarımları tamamlanır. Aynı zamanda bu tip mekanları sosyalleşmek için kullanabilmekte ve kendi tercihiyle orayı seçmiş diğer bireylerle iletişim içine geçmesini de kolaylaştırmış olmaktadır. Günümüz şartlarında büyük şehirlerde yaşayan kadın ve erkeğin, daha önceki yıllara kıyasla daha az boş vaktinin olduğu düşünüldüğünde, bu tip yapıların sunduğu sosyal hizmetlerin bu kesim tarafından tercih edilmesi tesadüf olmamaktadır. Çoğu zaman, bu tip lüks konut sitelerin şehir merkezine uzak noktalarda inşa edildiği gözlemlenmektedir. Bu ve bunun gibi problemlerin olmadığını söylemek yanlış olacaktır.

“Söz konusu konut sitelerinin her ne kadar farklı kentlerde farklı dinamikler taşısalar da dünyada olduğu kadar ulusal ölçekte de yukarıda bahsedilen süreçler doğrultusunda şekillendikleri ve bazı ortak problemler çerçevesinde tartışılan bir problem alanı tanımladıkları görülmektedir. Bu konut toplulukları temel olarak; erişilebilirliklerinin orta-üst gelir grubuyla kısıtlı olması, kentten kopma eğilimi göstererek sosyal ayrışmayı desteklemeleri, bütüncül bir planlama anlayışından uzak, birbirleriyle ve kentle ilişkisiz yan yana duran adalar halinde konumlanmaları, kamusalılığı ve toplum olma bilincini zedelemeleri, kentteki temel işlevlerin çepere kaymasıyla kent merkezinin boşalmasına neden olmaları gibi sorunlar barındırmaktadırlar” (Altun, 2010:3-4).

Bu durumun, hedef alıcıyı ikileme soktuğu zannedilse de aslında her iki türlü sonuçta da birey bu tip konut seçimine yönlendirilmektedir. Bu tip lüks konut siteleri, hem şehir merkezinden uzakta, hem de bir şehrin vaat ettiği tüm sosyal aktiviteyi de bir arada bulundurabilecek içeriğe sahiptir. Birey, kendi kendine uzakta yaşıyorum hissine tam kapılacakken aslında bu tip lüks konut sitelerin kendi içinde bir dünyası olduğunu fark etmektedir. Şehir hayatında, komşuluk ilişkilerin zayıfladığını düşünenecek olursak bu tip konut tiplerinde daha bir arada samimi ilişkiler kurulabilmektedir. Şehrin karmaşıklığından uzak, boş zamanlarını daha verimli geçirebileceği düşünülen bu alanlar da bireyler daha sık bir araya gelebilmektedir. Aynı zamanda, bireylerin fantezi, rüya ve hayal dünyasına hitap eden, hedef kitlenin beklentisi doğrultusunda yaşam tarzı sunan, günümüz postmodern kültürünün izlerini taşıyan, yapay birçok imgenin kullanıldığı yeni mekan konseptleri uygulanmaktadır. Bu anlayışla konut alıcısı ve üreticisi arasında basit bir ev satın alma anlayışından çok öte duygular barındırmaktadır.

“Bu bağlamda birey-konut ilişkisinin yeniden ele alınmasının gerekliliğinden hareketle, kullanıcı tercihlerinde ve memnuniyetinde mimari tasarımın ve mekân örgütlenmesinin rolünü, sunulan tasarım konseptlerinin kullanıcı tarafından ne oranda yaşanabildiğini, beklentilerin ne düzeyde karşılandığını, kullanıcının yaşadığı konut ve bulunduğu site için aidiyet geliştirip geliştirmediğini anlamak önem taşımaktadır” (Altun, 2010:4-5).

Konut alıcısı, beklentilerinin karşılığını bulmayı beklerken, konut üreticisi her daim günümüz koşullarına uygun ve bireyleri harekete geçiren aktiviteleri bulmakla uğraşmaktadır.

4. SEÇİLEN ÖRNEKLEMİ İNCELEME

Bireylerin olmak istediği yaşam tarzına etkisi olabilecek ve birçok vaat ile piyasada yer bulan konut projeleri günümüzde daha çok tercih edilmektedir.

Çalışmanın daha önceki bölümlerinde anlatılan, postmodern dönemin ileri sürdüğü, kimlik, imaj, tema vb. kavramların altını doldurduğu düşünülen ve çalışmaya örneklem oluşturabilecek site olarak Sinpaş Ege Yakası lüks konut sitesi seçilmiştir. Site, Ege temasını seçmiş İstanbul Avrupa yakasında bulunan bir sitedir. İstanbul Avrupa Yakasında bulunan lüks konut site hakkında kendi web sayfası üzerinden bilgiler toplanmıştır. Kurum, ortaya koyduğu projesini, sitenin konumunu ve temasının ne olduğunu ifade ederek kendi web sayfasında tanımlamaktadır.

Resim 1. Ege Yakası Projesi (URL-1)



Lüks konut sitenin web sayfasına girdiğimizde ise, kendileri de bu siteyi tasarlarlarken Ege'nin sembollerinden biri olan Santorini Adasından ilham aldıklarını 'Ege Mimarisi' adını verdikleri başlık altında ifade etmektedir.

Resim 2. Ege Yakası Konsept (URL-2)



Web sayfası dahil, lüks konut sitenin, mimari ve iç mimari tasarımları uygulanırken her detayın Ege Bölgesinin temasına uygun olarak düşünüldüğü ve tasarlandığı dikkat çekmektedir. Sitenin içinde dolaşırken adeta Ege de imişsiniz hissi verilmektedir. Firma, Ege Bölgesinde var olan ilçe isimlerinden etkilenerek Alaçatı, Asos, Cunda, Foça ve Karşıyaka Rezidans isimlerinde 5 adet yaşam seçeneği sunmaktadır.

Resim 3. Ege Yakası Yaşam Seçenekleri (URL-3)



Egeyi hatırlatan yapay veya gerçek otlar, bitkiler, dokular, malzemeler, sular, ağaçlar, çiçekler hep bu tema bağlamında tercih edilmiştir. Ege temasına uygun seçilen görsellerin sahte uygulanılarak öyleymiş gibi oluşturulan sahte imajlar bu tip sitede oturanların tercih sebebidir. Şehrin stresinden uzakta ve şehre ait görsellerden daha çok kendisini her daim rahatlatıcı ve tatile gitmiş bir izlenim içinde yaşamak isteyen birey bu tip bir siteyi tercih etmektedir. Sitenin web sayfasında ‘Ege Doğası’ isimli başlığın altında; Saklıköy, Ege Flora, Fener Burnu, Ege Park gibi isimler verilen, doğanın içindeymiş izlenimi yaratılan değişik aktiviteler için gerekli olacak mekanlar oluşturulmuştur. Hobilerini gerçekleştirmek, doğa içinde spor yapabilmek, keyifli yürüyüşler düzenleyebilmek, çocuklar için oyun alanları oluşturmak vb. eylemler için bu mekanlar kullanılabilmektedir.

Resim 4. Ege Yakası Saklıköy (URL-4)



Resim 5. Ege Yakası Flora (URL-5)



Resim 6. Ege Yakası Fener Burnu (URL-6)



Resim 7. Ege Yakası Ege Park (URL-7)



Sitede yaşayan ailelerin bir araya gelip, sosyal yaşantılarını destekleyebilmek adına, birçok sosyal aktivite bu alanın içinde tasarlanmıştır. Yeşil alan kullanım isteği, park aktivitesinin yapılacağı alanların oluşu, doğaya daha yakın olma veya hissedebilme isteği, bahçeli bir ev arzusunu bir nebze olsun yerine getirebilme fırsatı, normal bir konut tipine oranla buradaki ev konseptinin daha estetik oluşu, ortak bir gelir gelir dağılımına sahip bireylerle ortak bir sosyal çevrenin içinde bulunabilmek, otopark probleminin olmayışı, şehir hayatındaki seslerden uzak olabilmek vb. gereksinimler bu tip siteleri tercih etmeye etken olan nedenler olarak sıralanabilmektedir. Psikolojik olarak bu tip evlerde oturabilmek bireyin kendi edinmek isteği kimlik özelliklerine daha çok yakınlaştırmaktadır.

Resim 8. Ege Yakası Ege'de Sosyal Yaşam (URL-8)



Bu noktada günümüz bireyi için önemli olan bir detayı atlamamak gerekmektedir. Günümüz bireyi, her ne kadar doğaya ve yeşile hasret olduğunu belirterek şehrin merkezinden uzak mekanları tercih etse de, bu tip sitelerin içinde onlara ayrılan alanda sınırları belli edilmiş şekilde faaliyetlerini gerçekleştirebilmek onların daha çok hoşuna gitmektedir. Yani birey, bu alanlarda tarıma yönelik kırsal herhangi bir faaliyette bulunamamakta aksine şehirli bir bireyin gösterebileceği kadar doğayla iç içe olmaktadır. Bu noktaları iyi bilen bir konut üreticisi olaya bu bakış açısıyla yaklaşması gerekmekte, peyzaj çalışmalarını bu şekilde yürütmelidir. Birey hem şehirli olmaya devam etmek hem de üzerine giyinmek istediği kimliğiyle doğayla bütünleşmek istemektedir. Kırsal bir bölgede yaşayan bireyin, doğayla geçirebileceği zaman ile şehirde yaşayan bireyin alışkanlıkları farkının bu noktada anlaşılması gerekmektedir. Sonuç olarak birey, tamamıyla doğal bir çevre arayışı içinde gerçek manasında olmak niyetinde değil bunu bir gösteriş ve prestij aracı olarak kullanmaktadır.

Resim 9. Ege Yakası Galeri (URL-9)



Resim 10. Ege Yakası Galeri (URL-10)



Resim 11. Ege Yakası Galeri (URL-11)



Resim 12. Ege Yakası Galeri (URL-12)



Resim 13. Ege Yakası Galeri (URL-13)



Resim 14. Ege Yakası Galeri (URL-14)



Resim 15. Ege Yakası Galeri (URL-15)



Resim 16. Ege Yakası Galeri (URL-16)



Resim 17. Ege Yakası Galeri (URL-17)



Resim 18. Ege Yakası Galeri (URL-18)



Resim 19. Ege Yakası Galeri (URL-19)



Resim 20. Ege Yakası Galeri (URL-20)



Resim 21. Ege Yakası Galeri (URL-21)



Resim 22. Ege Yakası Galeri (URL-22)



Lüks konut sitesinde evlerinin içini ele aldığımızda da iç mekan tasarımlarının da sitenin mimarisinde olduğu gibi Ege Bölgesi teması kullanılarak döşendiği görülmektedir. İstanbul şehrinde, Ege dokusunu kullanarak farklı bir dünyanın içine girilmiş hissi burada da uyandırılmaktadır. Hiç şüphesiz, iki bölgenin birbirinden farklı iklim koşulları göz önüne alındığında tercih edilen taş ve ahşap malzemeler, açık tonlu renklerin kullanılışı ve doğal dokular kullanılarak yaratılan etkinin tam bir hiperçeklik olduğunu söylemek gerekmektedir.

SONUÇ

Postmodern dönemde bireylerin tek bir çatı altında her şeyin bir arada sunulduğu hizmetleri sevdiği ve geçmiş mekânsal alışkanlarını da bu yönde değiştirdiği ortaya çıkmaktadır. Hayal gücüne verilen önemle hoş bir atmosfer yaratılarak büyülenen mekanların popülizmi sayesinde bireylerin bu mekanları daha çok tercih edeceği düşünülmektedir. Bu tip mekanların neler anlattığını ve dilini çözebilen konut satıcıları bireylerin yaşam tarzlarına denk gelen konut tipleri ürettikçe rekabet çerçevesinde tutunabilecek gibi durmaktadır. Bu noktada geçmişe kıyasla hem üreten hem de satın alan konumunda algı yetisinin ve şuurun ön plana çıktığı görülmektedir.

KAYNAKÇA

- ALTUN, T. D. A. (2010). Kent Çeperlerindeki Az Katlı Konut Topluluklarının Kullanıcı-Mekan İlişkisi Bağlamında Değerlendirilmesi: İzmir Örneği, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- ARTUN, N. A. ve OJALVO, R. (2012). Arzu Mimarlığı, İletişim Yayıncılık, İstanbul.
- BAUDRİLLARD, J. (2011). Simulakrlar ve Simülasyon, (Çev.) ADANIR, O., Doğu Batı Yayınları, İstanbul.
- URL1: SİNPAŞ GYO EGE YAKASI PROJESİ (2018),
<https://sinpasgyo.com/konut-projeleri/ege-yakasi>, (18.12.2018).
- URL2: EGE YAKASI KONSEPT (2018),
<http://www.egeyakasi.com.tr/#/ege-yasam>, (10.12.2018).
- URL3: EGE YAKASI YAŞAM SEÇENEKLERİ (2018),
<http://www.egeyakasi.com.tr/#/kat-planlari>, (18.11.2018).
- URL4: EGE YAKASI SAKLIKÖY (2018),
<http://www.egeyakasi.com.tr/#/ege-yasam>, (05.12.2018).
- URL5: EGE YAKASI FLORA, (2018),
<http://www.egeyakasi.com.tr/#/ege-yasam>, (05.12.2018).
- URL6: EGE YAKASI FENER BURNU, (2018),
<http://www.egeyakasi.com.tr/#/ege-yasam>, (17.12.2018).
- URL7: EGE YAKASI EGE PARK, (2018),

- (<http://www.egeyakasi.com.tr/#/ege-yasam>), (16.10.2018).
URL-8: EGE YAKASI EGE'DE SOSYAL YAŞAM, (2018),
<http://www.egeyakasi.com.tr/#/ege-yasam>, (16.10.2018).
URL-9: EGE YAKASI GALERİ, (2018),
<http://www.egeyakasi.com.tr/#/galeri>, (18.11.2018).
URL10: EGE YAKASI GALERİ, (2018),
<http://www.egeyakasi.com.tr/#/galeri>, (18.11.2018).
URL-11: EGE YAKASI GALERİ, (2018),
<http://www.egeyakasi.com.tr/#/galeri>, (18.11.2018).
URL-12: EGE YAKASI GALERİ, (2018),
<http://www.egeyakasi.com.tr/#/galeri>, (18.11.2018).
URL-13: EGE YAKASI GALERİ, (2018),
<http://www.egeyakasi.com.tr/#/galeri>, (18.11.2018).
URL-14: EGE YAKASI GALERİ, (2018),
<http://www.egeyakasi.com.tr/#/galeri>, (18.11.2018).
URL-15: EGE YAKASI GALERİ, (2018),
<http://www.egeyakasi.com.tr/#/galeri>, (18.11.2018).
URL-16: EGE YAKASI GALERİ, (2018),
<http://www.egeyakasi.com.tr/#/galeri>, (18.11.2018).
URL-17: EGE YAKASI GALERİ, (2018),
<http://www.egeyakasi.com.tr/#/galeri>, (18.11.2018).
URL-18: EGE YAKASI GALERİ, (2018),
<http://www.egeyakasi.com.tr/#/galeri>, (18.11.2018).
URL-19: EGE YAKASI GALERİ, (2018),
<https://www.sinpas.com.tr/projeler/ege-yakasi#icGorseller>, (20.11.2018).
URL-20: EGE YAKASI GALERİ, (2018),
<https://www.sinpas.com.tr/projeler/ege-yakasi#icGorseller>, (20.11.2018).
URL-21: EGE YAKASI GALERİ, (2018),
<https://www.sinpas.com.tr/projeler/ege-yakasi#icGorseller>, (20.11.2018).
URL-22: EGE YAKASI GALERİ, (2018),
<https://www.sinpas.com.tr/projeler/ege-yakasi#icGorseller>, (20.11.2018).

HARP OKULLARINDA SİBER GÜVENLİK EĞİTİMİ ÜZERİNE ÖNERİLER

Dr. Öğr. Üyesi Muharrem Tuncay GENÇOĞLU
Fırat Üniversitesi

Özet: Siber; Fen Bilimleri, mühendislik ve beşeri bilimler gibi disiplinler arası bir alan olduğundan programlamanın temeli olan 1 ve 0 dan çok daha fazladır. Yani Matematiği anlamak siber alanı anlamak için oldukça önemlidir.

Türkiye Cumhuriyeti Milli Savunma Üniversitesi Harp Okullarında (KHO, HHO, DHO) bulunan akademik birimler yeniden yapılandırılarak Matematik Bilimleri Bölümü kurulmalı ve bu bölümün kabiliyetleri arasına özellikle siber alan eklenerek öğrencilerin siber eğitime katkıda bulunulmalıdır. Ayrıca SİBER Eğitim Çalışma Grubu oluşturularak bu alanda yapılacak çalışmalar koordine edilmelidir. Bu çalışmada Milli Savunma Üniversitesi Harp Okullarında Siber alanda eğitimin nasıl olacağına dair bazı fikirler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu yapıyı kullanarak, temel seviyede Ağ bilimi ve daha detaylı olarak matematik, ana unsurları olan temel matematiğin; bilgi, beceri ve nitelikleri tanımlanır. Amaç, üç aşamada geleceğin subaylarının siberden etkilenen dünyaya hazırlanmasına yardımcı olmaktır:

- (1) Tüm Subayların bilmesi gerekenler,
- (2) Teknik Subayların bilmesi gerekenler,
- (3) Siber Uzmanlarının bilmesi gerekenler.

Tüm subaylar siber operasyonlarla ilgili genel bir mesleki farkındalığa sahip olmalı, buna karşın teknik subaylar ve siber Uzmanlar siber uzay- matematik ilişkisini daha derinlemesine anlamalı ve bilmelidirler.

Anahtar Kelimeler: Siber, Siber Eğitimi, Siber Eğitiminde Matematik

I. GİRİŞ

“Eğer çalışmalarına tekrar başlamış olsaydım Matematik ile başlar ve Platon’unun tavsiyelerini takip ederdim.” - Galileo Galilei.

Siber güvenlik ilk olarak 1990’lı yıllarda bilgisayar mühendisleri tarafından, ağa bağlı bilgisayarlarla ilgili güvenlik sorunlarını ifade etmek için kullanılmıştır. Fakat daha sonraları bu güvenlik sorunlarının yıkıcı sosyal sonuçlar

doğurabileceğinin ortaya çıktığı gelişmeler meydana gelmiştir. Bunlar zamanla politikacılar, özel şirketler ve medya tarafından Batı dünyasına büyük bir tehdit olarak değerlendirilmiştir. 11 Eylül olayları, bilgi teknolojileri, bilgisayarlar ve güvenliğe odaklanılmasını sağlamış, özellikle de bilgi teknolojileri altyapılarının korunması, elektronik gözetleme, teröristlerin interneti iletişim vasıtası olarak kullanmasına dikkat çekmiştir.

Teknolojik gelişmeler uluslararası güvenlik çalışmalarının şekillenmesinde özel bir öneme sahiptir. Özellikle de askeri dengelerin sağlanmaya çalışıldığı soğuk savaş döneminde belirleyici unsur teknolojik gelişmeler olmuştur. Günümüzde ise teknoloji tabanlı senaryoların içerisinde siber savaş, siber saldırı ve siber güvenlik kavramları yer almaktadır. Bu senaryolar teröristlerin veya kötü niyetli saldırganların fiziksel veya dijital yapılara saldırarak kritik altyapıları ve küresel iletişim ağlarını devre dışı bırakabileceği ve de yok edebileceği şeklindedir. Siber güvenlik alanında devletler ve özel kuruluşlar tarafından büyük yatırımlar yapılmaktadır. Güvenlik açıklarının sonucunda ortaya çıkabilecek zararlar ve itibar kaybı göz önünde bulundurulduğunda devletler ve kurumların siber güvenlik yatırım maliyetlerinden kaçınmayacağı aşikârdır. İnternet üzerinden gerçekleştirilen saldırıların milli güvenliğe ne derece zarar verebileceği konusu üzerinde durulacak olunursa, milli güvenliğe yönelik dört çeşit saldırıdan bahsedilebiliriz;

1. Siber savaş
2. Ekonomik casusluk

Bunlar daha çok devletler ile ilişkilendirilen tehditlerdir.

3. Siber suç
4. Siber terörizm

Bunlar ise daha çok devlet dışı aktörler ile ilişkilendirilen tehditlerdir. Gerekli yasal düzenlemelerin yapıldığını varsaydığımız ideal bir durumda milli siber güvenlik yapılanmasının içermesi gereken unsurlar:

1. Teknik ve Operasyonel işlemlerin gerçekleştirilebileceği uygun operasyonel bir merkez,

2. Strateji ve konseptlerin geliştirildiği ve koordine edildiği, yasal yaklaşımların oluşturulduğu, endüstri ve uluslararası organizasyonlar ile iletişimin gerçekleştirildiği bir koordinasyon merkezi,

3. Uygulamaya yönelik olarak stratejik kararların sunulduğu, tartışıldığı ve onaylandığı bir idari yapı[5-9,13].

Günümüzde İnternetin her alandaki kullanımı göz önünde bulundurulduğunda siber alanın milli güvenlik içerisindeki rolünün ne kadar arttığı ve gelecekte bu alanın milli güvenlikte ne kadar ön sıralarda yer alacağı görülmektedir.

TSK bünyesinde de siber güvenlikle ilgili çalışmalar ve etkinlikler gerçekleştirilmekte olup diğer kamu kurum ve kuruluşları ile siber güvenlik alanında işbirliği yapılmaktadır[3,4].

Hayatın her aşamasında problem ve bunların çözümleriyle hemhal olmaktadır. Bir şirketin işletmesi dahi problem çözmeye dayalıdır. Matematik ve Fizikte doğasından gelen entelektüel merak vardır. Bu entelektüel merak ve problem çözmenin, özellikle de Siber Savunma Komutanlığındaki tüm subaylar tarafından yapılması beklenir.

Türkiye Cumhuriyeti Milli Savunma Üniversitesi Harp Okullarında (KHO, HHO, DHO) bulunan akademik birimler yeniden yapılandırılarak Matematik Bilimleri Bölümü kurulmalı ve bu bölümün kabiliyetleri arasına özellikle siber alan eklenerek öğrencilerin siber eğitime katkıda bulunulmalıdır. Ayrıca SİBER Eğitim Çalışma Grubu oluşturularak bu alanda yapılacak çalışmalar koordine edilmelidir. Bu çalışmada Milli Savunma Üniversitesi Harp Okullarında Siber alanda eğitimin nasıl olacağına dair bazı fikirler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu yapıyı kullanarak, temel seviyede Ağ bilimi ve daha detaylı matematik, ana unsurları olan Temel Matematiğin; bilgi, beceri ve nitelikleri tanımlanır. Nihai amaç, üç aşamada geleceğin subaylarının siberden etkilenen dünyaya hazırlanmasına yardımcı olmaktır:

- (1) Tüm Subayların bilmesi gerekenler,
- (2) Teknik Subayların bilmesi gerekenler,
- (3) Siber Uzmanların bilmesi gerekenler[1].

Tüm subayların, Temel Matematik programının katkıda bulunduğu, siber operasyonların genel mesleki farkındalığına sahip olması gerektiğine inanıyorum. Teknik subaylar, Matematik Bilimleri Bölümünün ağ biliminden yararlanırken siber uzmanlar matematiksel bilimlerden faydalanacaklar ve askeri bilimlerle birlikte siber alana katkıda bulunan matematiğin lisansüstü çalışmaları için ayakları yere basan bir alt yapı oluşacaktır[2].

II. TÜM SUBAYLARIN BİLMESİ GEREKENLER

A. Temel Matematik Programı'nda Siber Operasyonların Genel Mesleki Farkındalığı

Temel Matematik eğitiminin iki uç birim hedefi olmalıdır:

1. Bir bilgi birikimine sahip olmak, matematik, fen ve mühendislik temel il-kelerini anlamak için temel düşünce süreçlerini geliştirmek.

2. Bir öğrencinin matematiksel yolculuğunda, onlara akıllı soruları formüle edebilen, cevapları bağımsız ve etkileşimli olarak araştırabilen, yaşam boyu öğrenenler olarak geliştirme fırsatları sunmak.

Tüm Harp Okulları programlarının merkezinde modelleme ile problem çözme kavramı olmalıdır. Tüm öğrenciler bir modelleme dersi, bir matematik dersi ve bir istatistik dersi alırken Siber branştaki subaylar ve diğer branşta siberle ilgili çalışma yapanlar problemleri modelleme ve çözme zorunluluğu olacak şekilde dersler alınmalıdır. Tüm subayların almak zorunda olduğu Temel Matematik programında çeşitli dersler siber operasyonların ardındaki matematiğe dair temel bir anlayışa sahip olmalıdır. Bu bağlamda Temel Matematik programında şu dersler alınmalıdır:

B. Matematiksel Modelleme

Bu ders modelleme yoluyla uygulamalı matematiği öne çıkarır. Öğrenciler karmaşık ve çoğu zaman kötü tanımlanmış problemleri çözmek için etkili stratejiler geliştirirler. Ders yaratıcılık, eleştirel düşünme, disiplin ve disiplinler arası ortamlarda gerçekleştirilen etkinliklerle öğrenilirken çok çeşitli matematiksel kavramları uygulatır.

Bu derste bir taraftan Matris Cebir'i ile modelleme verilirken diğer taraftan kriptoloji öğretilmelidir. Ayrıca öğrencilere askeri tarihte kriptolojinin önemi, şifreleme ve şifre çözme işlemlerindeki temeller verilmelidir. Öğrenciler şifreleme için bir dönüşüm matrisi ve şifre çözme için dönüşümün tersini kullanmayı öğrenmelidir. Bu derste öğrenciler şifreleme algoritmasının tasarımını ve kriptoloji sanatının ve biliminin yattığı yer olan şifre çözme sürecini desteklemek için gereken matematiği de öğrenmelidirler. Bu çok yönlülük, Matris Cebir'i gibi basit prosedürlerden, karmaşık makinelerin ve bilgisayarların hesaplama gücünün kullanıldığı çok daha gelişmiş tekniklere kadar uzanır. Matematik modelleme dersi ayrıca ağlar üzerinde biri ağ akışında ve diğeri ağ merkezlerinde olmak üzere iki önemli uygulamayı öğretir. Ağ akışındaki uygulama, ağ akış süreçleri için kuralları müzakere eder, matematiği askeri ağlara uygular ve doğrusal cebir kullanarak düğümler arasındaki akışı ölçmek için problemler ortaya çıkarır. Ağ merkezindeki uygulama, sosyal ağlar, internet yapısı ve süreci kavramını, ağ analizini, müzakere eder. Bu, tüm öğrencilerin temel matematik müfredatı sırasında ağların, ağ biliminin ve siber uzayın önemli alanlarının ve araçlarının temel bilgilerini almaların sağlayacaktır.

C. Tek Değişken Hesabı

Bu dersin amacı, türev ve integral kavramı dâhil olmak üzere tek değişkenli hesap bilgisini ve anlayışını geliştirmek, problem çözme ve modelleme için bu kavramları uygulamak ve sonuçları bağlam içinde yorumlamak ve iletme olmalıdır. Bu ders, doğal ve sosyal bilimlerdeki değişme oranları, üstel büyüme ve azalma, optimizasyonlar, Newton yöntemi, fizik ve mühendislik uygulamaları ve olasılıkları dâhil olmak üzere siber ile yakından ilişkili birçok konuyu kapsamalıdır. Bu ders aynı zamanda özellikle “siber operasyonlara yönelik uygulamaları” da içermelidir. Öğrencilere bilgi teorisi ve Claude Shannon’ın entropi hakkındaki yorumu verilmelidir. Öğrencilere matematiğin siber alanda nasıl kullanıldığına dair genel bir bakış açısı kazandırması için, iletişim ve gizlilik sistemlerinde kullanılan birkaç farklı sistemin entropisini belirlemek amacıyla integral hesabı kullanmaları gereken bir senaryo yada kriptografik sistemlerin birkaç askeri uygulamaları gibi örnekler verilebilir.

D. Mühendislik ve Fen Bilimler İçin Olasılık ve İstatistik

Bu ders, öğrencilerin gerçek dünyadaki değişimi modellemek ve olayların olasılığını değerlendirmek için matematiği kullanmasına yardımcı olacak şekilde kullanılmalıdır. Derste, öğrencilere verileri kullanarak uygun sonuçların elde edilmesine yardımcı olacak istatistiksel araçları kullanmasını göstermelidir. Ayrıca, bileşen diyagramlara sahip bağımsız sistemlerin güvenilirlik analizini öğretmelidir. Ders daha sonra ayrık ve sürekli olmak üzere çeşitli olasılık dağılımları bağlamında belirsizliği modellemeyi de öğretmelidir. Askeri öğrenciler belirli bir zaman dilimi içinde sisteme erişim sağlayan bir saldırı olasılığına karşı Monte Carlo Simülasyonlarını programlamalı ve yürütmelidir. Bunlar gerçek dünya senaryolarını çoğaltmak için rastgele sayı dizilerinden yararlanılan istatistiksel simülasyonlardır. Öğrenciler sadece Monte Carlo simülasyonlarını Excelde oluşturamazlar, aynı zamanda sonuçları yorumlar, olasılık ve analiz sorularını yanıtlarlar. Bu derste istatistiksel modelleme ayrıca, öğrencilere matematiksel bilgisayar kodlarını gerçek bir yaşam senaryosunda yazma, hata ayıklama ve kullanma becerisi kazandırır. İstatistiksel ve belirsizlik modelleri, siber alandaki diğer uygulamaları modellemek için kullanılabilirler.

E. Siber Operasyonlar için Ağlar

Siber Operasyonlar için Ağlar, tüm ana dalların ve çalışma alanlarının öğrenciler için bütünleştirici bir deneyim olarak hizmet vermesini amaçlayan bir derstir. Bu ders, Matematik, Fen ve Mühendislik için Uygulama Problemlerinin yanında öğrencilerin siber uzay konularını, siber süreçleri ve ağlar üzerindeki yapıları

modelleme, çözüme, analiz etme ve anlama yoluyla karşılaştırmalarına olanak sağlar. Bu ders; Ağ Bilimi, Kriptografi, Siber Güvenlik, Nesnelerin İnterneti, Sosyal Bilimler, Veri Analizi ve Bilimi alt başlıkları altında verilebilir. Bu derste öğrenciler; ağlar hakkında bilgi edinir, karmaşık modelleme yapar, siber operasyonlarla ilgili bir konu üzerinde çalışır, bir kitap incelemesi yazar, bir poster hazırlar ve sınıfa bir sunum yapar.

Bu dersi alan tüm öğrenciler, aşağıdaki alanlardan birinde bir yarıyılık uzun bir proje ve sunum gerçekleştirmelidir: Siber ve Sosyal Hareketler, Siber ve Sosyal Medya, İnternet Güvenliği veya Altyapı Güvenlik Açığı. Ders, tecrübe, bilgi ve uzmanlığından faydalanılabilecek Siber savunma komutanlığı, MİT ve Sosyal Bilimlerden davetli konuşmacılarla desteklenir.

III. TEKNİK SUBAYLARIN BİLMESİ GEREKENLER

A. Ağ Bilimi

Ağ Bilimi; telekomünikasyon, bilgisayar, biyoloji, bilişsel ve sosyal ağlar gibi karmaşık ağları inceleyen, disiplinler arası bir akademik alandır. Bu sistemlerin ağ temsili; ağların nasıl davrandığına ve geliştiğine dair model öngörüsü ve sezgileri geliştirir. Ağ Bilimi alanında öğrenim gören öğrenciler, sistemlerin oluşumu ve evrimini yönlendiren karşılıklı ilişkiler ve etkiler hakkında zengin bir anlayışla mezun olurlar. Bir bireyin bir sistemin önemine dair farklı yönlerini ölçmeyi öğrenirler, aynı zamanda sistemin boyutu, değişime duyarlılığı ve topolojisi gibi çeşitli özelliklerini biçimlendirir ve ölçerler.

Ağ bilimi yan dalını almak için, öğrenciler aşağıdaki beş dersi alırlar: Ağ Biliminin Temelleri, bir teori dersi, bir modelleme dersi, bir uygulama dersi ve bir bitirme dersi. Bu ders dizisinde siberle ilgili becerilerin bazıları, ağ türlerinin nasıl sınıflandırılacağı, ağ güvenliğiyle ilişkili sınırlamaların ve zorlukların nasıl anlaşılacağı, ağ güvenliğine yönelik ağ modellerinin nasıl oluşturulacağı ve ağdaki kritik aktörlerin nasıl tanımlanmasının öğretilmesi hedeflenir. Öğrenciler ayrıca ağ duyarlılığını ve ağ modifikasyonlarının nedenini ve etkisini anlamayı, insan ilişkilerinin bilgi üzerindeki etkilerini analiz etmeyi, bilişsel algıları ve bunların ağ bağımlılıkları aracılığıyla etkilerini tartışmayı öğrenecekler.

IV. SİBER LİDERLERİNİN BİLMESİ GEREKENLER

A. Temel Matematik Bilimleri

Matematik Bilimleri, geniş bir matematiksel ders yelpazesinde çalışmak için fırsat sunmaktadır. Diferansiyel denklemler, doğrusal cebir, matematik modelleme,

analiz, sayısal hesaplama, istatistik gibi dersler, fen ve mühendislik alanlarında sağlam bir matematik temeli sağlar. Ayrıca, grafik teorisi ve ağlar, lineer optimizasyon, kombinasyon ve ileri düzey bireysel çalışma gibi dersleri takip etmek, matematik teorisinin temellerini anlamada ve aynı zamanda seçilmiş bir konuda çalışma ve araştırma fırsatı da sağlar.

Matematik Bilimleri ayrıca siber güvenlik alanında başarılı olmak için gerekli matematiksel konuları ve ağ bilimlerini kapsar. Konular üç alana ayrılır: Büyük ağları modelleme, Siber tehdit keşfi ve Ağ dinamikleri. Siber güvenlik ile ilgili bu konu alanları zorlayıcıdır ve bu konuları anlamak siber alandaki birçok konuya temel oluşturacaktır. Konular büyük ağların modellenmesini, siber tehditleri ve ağ dinamiklerini keşfetmeyi içerir.

Burada öğrenciler gerçek, çok katmanlı ağları doğru bir şekilde taklit eden ve bu gerçek ağların dinamiklerini yansıtan matematiksel ağ modellerinin gelişimini öğrenirler. Ayrıca ağları ve özelliklerini karşılaştırmak için istatistiksel teknikler kullanırlar ve ağ önlemlerinin verimli bir şekilde hesaplanması için yöntemler geliştirirler. Öğrenciler ilginç alt ağları veya kümeleri keşfetme yöntemlerini ve parametre ayarları için optimizasyon ve istatistiksel yöntemleri öğrenirler. Ders ayrıca, istatistiksel sayısal yöntemleri de kapsar.

Siber Tehditleri Keşfetmek, Ağ Bilimi ve Optimizasyon derslerinde ele alınır. Öğrenciler gelişen karakteristikler ile ilgili verileri bulmak ve anlamak için makine öğrenmesi metotları hakkında bilgi sahibi olur. Öğrenciler ayrıca, veri örnekleme ve eksik değerlere veya belirsizlik özelliklerine sahip ağların veri analizini kullanırken özelliklerin tekniklerini veya optimizasyonunu öğrenirler. Matematiksel kötü amaçlı kod algılamayı anlamak ve bilgi kümelemesini anlamak için modellere uymayan anormallikleri nasıl algılayacaklarını öğrenirler.

Ağ Bilimi dersinde, öğrenciler ağ dinamiklerini de öğrenirler. Bir ağdaki akışların veya bulaşmaların veya yayılmanın nasıl modelleneceğini, siber tehditlerin evrimi için oyun teorisi veya dinamik sistemler tekniklerini de öğrenirler. Son olarak ağlar üzerinde bir davranış ortaya çıkması için matematiksel modelleri kullanmayı öğrenirler.

B. İleri Düzey Matematik Teorisi

Yıl boyunca öğrenciler bir araştırma önerisi, literatür taraması, ara yıl raporu, yazılı tez, konferans sunumu ve poster sunumu yapacaklardır. Çalışmalar şunları içerir:

- (1) Anormalliğe Dayalı Saldırı Tespit Sistemlerine İstatistiksel Yaklaşımların Karşılaştırılması,
- (2) Anormalliğe Dayalı Saldırı Tespit Sisteminin Uygulanması - İçsel Tehditlere Odaklanmak,
- (3) Kuantum hata düzeltme kodlarının eşdeğeri için sabit değerler bulunması,
- (4) Asimetrik anahtar şifreleme şemalarının özelliklerini ve yöntemi farklı sonlu gruplara veya eliptik eğri uzayına aktarmanın etkileri.
- (5) Kriptografik Grafikler,
- (6) Eliptik Eğri Kriptografisi için Aritmetik İşlemci Geliştirme,
- (7) Rastgelelik Özellikleri.

V. HARP OKULLARI DIŞINDA SİBER EĞİTİM

MSÜ'nün enstitülerinden birinde yeni kurulacak Siber Anabilim dalı; Siber subaylara siberle ilgili bir alanda yüksek lisans derecesi alma fırsatı veren ve Uygulamalı Matematik alanında bir yıllık yüksek lisans derecesine sahip olmak için bir program yürütecektir.

Bu enstitüde ayırık matematik ve siber çalışmalarına odaklanan öğrenciler; bilgisayar bilimleri, elektrik mühendisliği veya yöneylem araştırmalarında seçmeli dersler alabilirler. Tüm öğrenciler Güvenli İletişim ve Ağ Bilimi lisansüstü sertifikaları alacak, katılımcılar ayrıca, Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği veya Bilgisayar Bilimleri bölümlerinden Siber Savaş, Siber Güvenlik temelleri veya Siber Güvenlik Savunmasında üçüncü bir sertifika kazanabilirler[10,11,12].

Ayrıca; Bu enstitü uygulamalı bilim ve yönetim disiplinlerinde, Mühendislik ve Yönetim Bilimleri alanında yüksek lisans ve doktora eğitimi verecek.

Bütün bunlar; tespit edilen hedef üniversiteler ile işbirliği yapılarak siber alanda ciddi bir alt yapı oluşturacaktır[8].

VI. SONUÇ

Tüm subayların matematiğin; ulusal güvenliğin önemli ayaklarından biri olan ve hızla gelişen siber alanı nasıl etkilediğini anlaması çok önemlidir. Temel Matematik Bilimleri, yarının subaylarının matematiksel ihtiyaçlarını öngörmeyi amaçlayan etkili bir matematik müfredatı geliştirmeye kendini adanmalıdır. Entelektüel disiplin, akıl yürütmenin üstünlüğü, matematiksel kavramların anlaşılması, matematiğin pratik uygulamalardaki kabiliyeti ve orduda matematiğin rolünün anlaşılmasına vurgu yapılmalıdır. Temel Matematik Bilimleri, ağırlıklı olarak matematik olmak

şartıyla ağ bilimini de vererek tüm öğrenciler için siber operasyonların genel mesleki farkındalığını sağlarken siber ve diğer teknik branşlar için güçlü subaylar yetiştirilmesine katkı sağlamalıdır.

REFERANSLAR

- Altyapı ve Ulaştırma Bakanlığı, Ulusal Siber Güvenlik Stratejisi Eylem Planı, 2016-2019 .
- Gençoğlu, M.T, “Ulusal Güvenlik için Siber Güvenlik ve Eğitimi Üzerine Öneriler”, CyberMag, Hairan-2018,Sayı:29, 20-25.
- Hacettepe University,Information Security ,Masters Program, 2018.
- Marmara University, Cyber Security Master’s Programme, 2018.
- Mehmet Nesip ÖĞÜN, Adem Kaya, Siber Güvenliğin Milli Güvenlik Açısından Önemi ve Alınabilecek Tedbirler, Güvenlik Stratejileri Dergisi, 2013,Sayı:18 Sayfa: 145-181.
- Mehmet Sevri, Nurettin Topaloglu, Türkiye’ De Siber Güvenlik Eğitiminin Durumu,International Conference on Education in Mathematics, Science & Technology (ICEMST),2016.
- Middle East Technical University Cyber Security Programme, 2018.
- NATO CCDCOE National Cyber Security Organisation: TURKEY National Cyber Security Governance Series,2018.
- Salih Bıçakçı, NATO’nun Dönüşümü ve 21. Yüzyılda Güvenlik, Uluslararası İlişkiler 2014, Vol. 10, No. 40, Özel Sayı, pp. 101-130.
- Sobiesk, Edward, Jean Blair, Gregory Conti, Michael Lanham, and Howard Taylor, “Cyber Education: A Multi-Level, Multi-Discipline Approach”, SIGITE’15, September 30-October 3, 2015, Chicago, IL, 109-114. Accessed on January 18, 2016.
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Savunma Sanayii Başkanlığı, 3. Uluslararası Siber Savaş ve Güvenlik Konferansı,2017.
- TSK İnternet Sitesi, Türk Silahlı Kuvvetleri Siber Savunma Faaliyetleri, , 21.01.2013.
- TSK TMMM (COEDAT), "Siber Terörizm, Siber Tehdit Farkındalık ve Bilinçlendirme Eğitimi” Kursu, 30.05.2012.

DESIGN AND CONSTRUCTION OF MAGNETIC NANOPARTICLE SPECTROMETER

Dr. Öğr. Üyesi Cengiz AKAY

Uludağ Üniversitesi

Yeşim AKYÜREKLİ

Elif UZAK

Adem TUNÇDAMAR

Abstract: Image quality in the new imaging modality magnetic particle imaging (MPI) heavily relies on the quality of the magnetic nanoparticles in use. Therefore, it is crucial to understand the behavior of such particles. A common technique to analyze the behavior of the particles is magnetic particle spectrometry (MPS). However, most spectrometers are limited to measurements at a single or multiple discrete excitation frequencies. This paper introduces a frequency adjustable spectrometer, able to perform measurements in the range of 1 kHz-10 kHz. The method is based on the non-linear response of super paramagnetic nanoparticles. This especially assists the chemical nanoparticle preparation process. In this study, a spectrometer was first designed and constructed to analyze the properties of nanoparticles such as relaxation times. MPS signals obtained from the spectrometer can be transferred to the computer with data acquisition card and data analysis can be done with a software written in Python programming language.

Keywords: magnetic particle spectrometer, magnetic nanoparticles parameters, nonlinear magnetization, FFT, data analysis

Özet: Yeni görüntüleme modelindeki görüntü kalitesi manyetik parçacık görüntüleme (MPG), kullanılan manyetik nanoparçacıkların kalitesine büyük ölçüde bağlıdır. Bu nedenle, bu parçacıkların davranışını anlamak çok önemlidir. Parçacıkların davranışını analiz etmek için yaygın bir teknik manyetik parçacık spektrometresidir (MPS). Bununla birlikte, çoğu spektrometre, tekli veya çoklu ayrı uyarma frekanslarında

yapılan ölçümlerle sınırlıdır. Bu makale, 1 kHz-10 kHz aralığında ölçüm yapabilen bir frekans ayarlı spektrometre sunar. Yöntem, süper paramanyetik nanoparçacıkların doğrusal olmayan tepkisine dayanır. Bu özellikle kimyasal nanoparçacıkların hazırlaması işlemine yardımcı olur. Bu çalışmada, nanoparçacıkların durulma zamanları gibi özelliklerinin analiz edilmesini sağlayan bir spektrometre tasarlanmış ve yapımı gerçekleştirilmiştir. Spektrometreden elde edilen MPS sinyalleri veri toplama kartıyla bilgisayar ortamına aktarılarak Python programlama dili ile yazılmış bir yazılım ile veri analizi yapılabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: manyetik parçacık spektrometresi, manyetik nanoparçacık parametreleri, lineer olmayan mıknatıslanma, FFT dönüşümü, veri analizi

1 Introduction

Magnetic particle spectroscopy is a novel measurement method that arose closely related with the introduction of Magnetic Particle Imaging. An MPS can be interpreted as a zero dimensional MPI scanner consisting of one drive field coil and one receive coil. In contrast to a multi-dimensional MPI scanner, no spatial encoding is applied. MPS based on the nonlinear magnetization of magnetic nanoparticles can extract the weak effective signal from the background signal and measure accurately the high order harmonic component by spectrum analysis method, effectively avoiding the disturbance of the base frequency signal of the background signal [1] [2]. Currently, MPS spectra are generally analyzed using the Langevin function model extended by a Debye pre-factor accounting for the MNP dynamic magnetic properties. This model is, however, only a rough approximation that does not correctly describe the phase of the harmonics [8]. The influence of magnetic nanoparticle properties on imaging quality has been discussed for example by Ferguson et al. [3]. Nevertheless, magnetic particle spectrometers play an important role on image quality in MPI. The following sections describe the current setup that is capable of carrying out MPS measurements with a freely tunable excitation frequency in the range of 1 kHz - 10 kHz. This setup reveals the possibility to determine different properties of the nanoparticles such as the influence of Brownian and Néel rotation on signal quality.

2 Methods

MPI relies on the non-linear magnetization curve of magnetic nanoparticles. When a time varying magnetic field $H(t) = H_0 \sin(2\pi f_0 t)$ is applied to the nanoparticles, a magnetization $M(H(t))$ is observed. Due to the non-linearity of M , the

frequency spectrum of the magnetization response does not only consist of the frequency f_0 , but also of higher harmonics. Figure 1 shows this process, response of magnetic particles to an external magnetic field theory of nonlinear magnetization [4].

According to the Langevin theory of paramagnetism [5], the magnetization curve of the particles can be described by

$$M(t) = m_s c \left(\coth \left(\frac{m_s \mu_0 H(t)}{k_B T} \right) - \frac{k_B T}{m_s \mu_0 H(t)} \right) \quad (1)$$

where μ_0 denotes the permeability of vacuum, k_B the Boltzmann constant, T the temperature as Kelvin, c the sample concentration, and $m_s = \frac{1}{6} D^3 M_s$ the magnetic moment of the particles at saturation [6]. The particles are characterized by their diameter D and the saturation magnetization M_s [7]. In eq. (1) it is assumed that the concentration c of the nanoparticles is homogeneous within the probe. Furthermore, the magnetic field $H(t)$ is nearly homogeneous in the probe chamber and has only one spatial component. This can be achieved by using a solenoid coil to generate the magnetic field, where the probe chamber lays inside the coil.

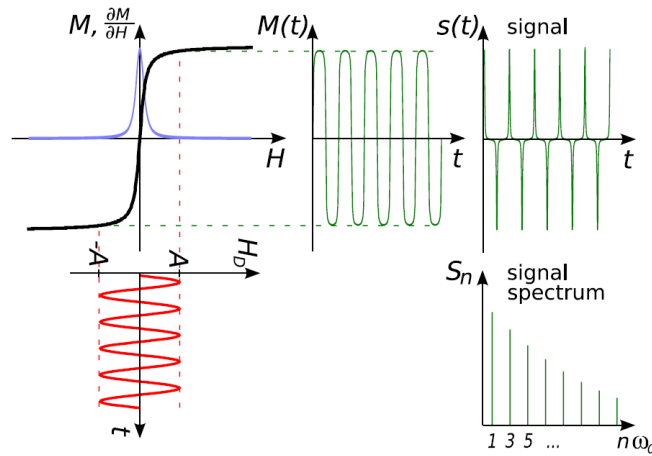


Fig. 1. Basic MPI principle. The drive field $H(t)$ generates a particle response $M(t)$ that induces a voltage in the receive coils. The time-dependent voltage is measured and constitutes the raw signal $s(t) \propto dM(t)/dt$. Due to the non-linear magnetization curve, the signal spectrum S_n contains higher harmonics of the drive frequency f_0 , which are used for particle detection and imaging. For reference, the derivative of the magnetization curve $\partial M/\partial H$ is also shown (blue curve).

3. Materials and equipment

Magnetic nanoparticle detector assembly consists of the following components; function signal generator, power amplifier, band-pass filter, coil system, band stop filter, signal amplifier, data acquisition card and PC, Figure 2.

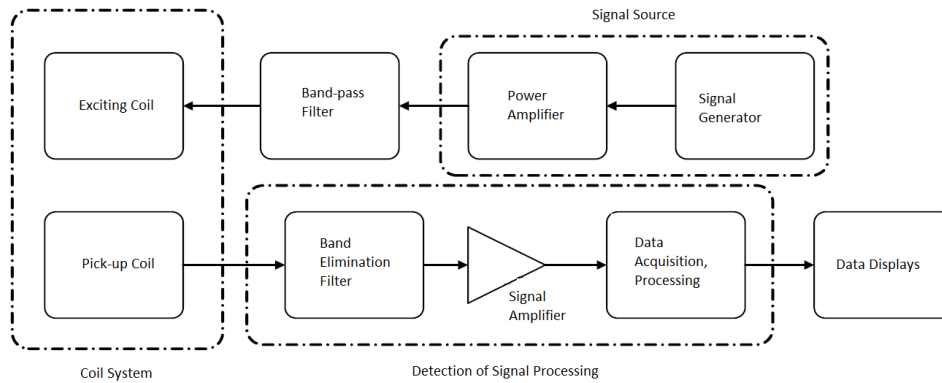


Fig. 2. The system schematic of magnetic nanoparticles detection.

3.1 Function signal generator

Signal generator must be generate a desired frequency sinusoidal signal with constant amplitude and does not contain any harmonic component. Figure 3 shows the complete schematic of the sinus generator performed. The XR-2206 is a function generator that produces high quality sinus, square, triangle, ramp and pulse waves with high stability and accuracy. An external voltage to be applied can also modify the amplitude and frequency of the output waveforms. The operating frequency can be selected externally in a range of 0.01 Hz to 1 MHz [9]. The frequency is given as follows.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \text{ (Hz)} \quad (2)$$

The sinusoidal generator produces the sinusoidal signal so perfectly that the band-pass filter shown in figure 1 was not used in this study.

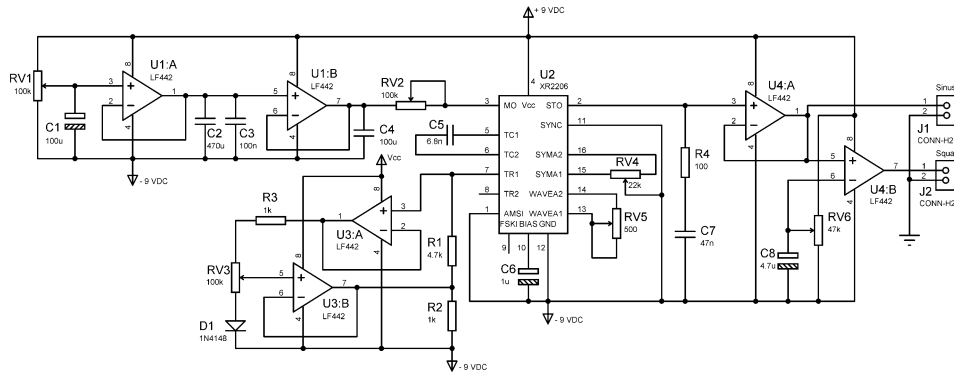


Fig. 3. Sinus signal generator with XR2206.

3.2 Power amplifier

Since the function generator's output signal is not powerful enough to make excitation coil produce oscillation magnetic field with a certain amplitude, power amplifier is necessary for the detection. The output of the power amplifier must be linear and bandwidth wide enough. Figure 4 shows a power amplifier with TDA2050 integrated circuit in this study. The TDA2050 heats up excessively at high currents and is mounted on a fan cooler. According to the manufacturer's data of the TDA2050 integrated circuit, the maximum permissible current value of this unit is limited to 5 A, which can deliver 50 W of output power [10]. The 35 VDC supply source of the cooling fan must be independent of the supply source; otherwise, unwanted harmonics may leak into the output of this power amplifier.

3.3 Band-pass filter

To ensure that the output signal from the detection coil contains only harmonics, a band stop filter should be connected to the output of the detection coil in series. Since the main purpose is to prevent the base band signals, it can be accomplished using high-pass filter or twin t notch filter. Figure 5 shows a twin notch filter made in this study. A notch filter, also known as band limiting circuits, can be used to remove a particular frequency. It is usually fixed frequency, but some of the notch frequency can be adjusted. Due to the high Q value, the bandwidth of these filters is very small. An ideal notch filter should give a smooth frequency response on all other frequencies, except for the notch frequency. In reality, perfection cannot be achieved, but when used with operational amplifier cores, high attenuation and narrow notches can be achieved [11].

3.4 Low noise preamplifier

It is not possible to perceive because of the amplitude of the MPS signal containing the harmonic frequencies is too small. The output impedance of the gradiometer receiver coil must match the input impedance of the data acquisition board. It is an important solution to improve signal/noise ratio by selecting appropriate electronic design and its components. Figure 6 shows the preamplifier circuit consisting of integrated two operational amplifiers.

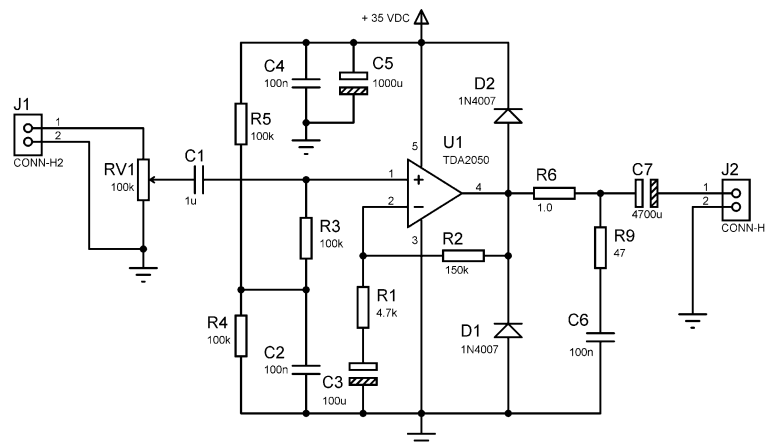


Fig. 4. Current drive power amplifier with TDA2050

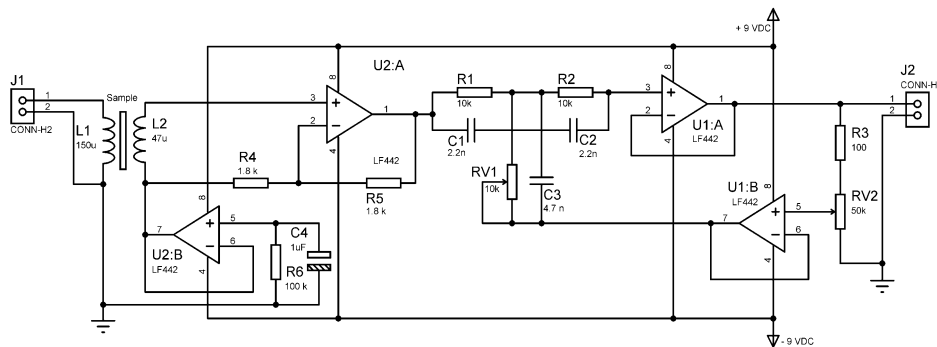


Fig. 5. Twin t notch filter with buffers. L1 and L2 are the transmitting and gradiometer receiving coils, respectively

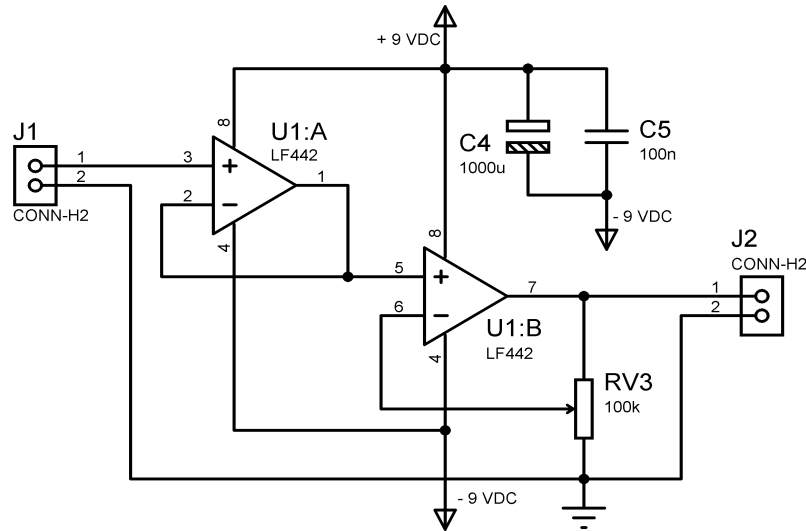


Figure 6. Operational transconductance amplifier.

In the first, the unit gain is the monitor, in a sense the impedance converter and the output signal monitors the input signal. The second one is the unit that performs the actual amplification of the input signal and is known in the terminology as “operational transconductance amplifier, (OTA)” [12]. The notch filter and the preamplifier together form a signal conditioner. The conditioner amplifies the very small MPS signals sufficiently enough to transmit the signal to the data acquisition card with an improved signal to noise ratio.

3.5 Data acquisition and processing

MPS signals are analog signals and must be converted to digital data encoded in a binary number system in order to process these signals. For this purpose, the sound card embedded in the motherboard of a laptop and the Python programming language were used to access this sound card. The numerical data obtained from the sound card can be stored and converted into a database with a software written in this language.

3.6 Coil system

As mentioned earlier, MPS uses the nonlinear response of superparamagnetic nanoparticles and magnetic saturation in certain magnetic fields, which is why the

coil system is required to stimulate nanoparticles and detect their response. Figure 7 shows the coil system consisting of transmitter/driver and gradiometer receiver coil. The upper coil is the driver coil. This coil causes the nanoparticles to be excited by turning the high frequency currents having the known frequency and sufficiently large amplitude into the magnetic field. The inductance of this coil made by winding a thin wire on a carcass can be calculated from the following relation.

$$L = \frac{0.8 N^2 r^2}{6r + 9. \ell + c} \quad (\mu H) \quad (3)$$

Here, N is the number of turns, r is the radius of the coil, ℓ is the length of the coil, and c is the thickness of the coil. Units must be taken in mm. The Biot-Savart law can calculate the magnitude of the magnetic field generated by the high frequency current passing through these two solenoid coils along the axis of the coil.

$$H(t) = \frac{N}{2\sqrt{(l/2)^2 + r^2}} i(t) \quad A/m \quad (4)$$

The last expression is the rearranged version of the same law and $i(t)$ is the value of the current flowing through the coil [1]. In Figure 7, the left-most coil is the gradiometer receiver coil. The windings on both ends of the coil have the same number of turns and winding the same direction.

The total number of windings of both ends is equal to the number of windings of the middle coil, but wound in the opposite direction. Coils with these properties are known as gradiometer or differential coils. This is very important in the MPS study because the amplitude of the excitation signal induced in the receiver coil is much larger than the signal of the nanoparticles, suppressing the signal of the particles and therefore the gradient coil is used to remove the signal that is caused by the excitation [13]. The number of turns of the gradiometer coil made in the study was wrapped around 47 turns for the windings at both ends, 94 for the middle windings but in the reverse direction.



Figure 7. The coil system consisting of transmitter/driver and gradiometer receiver coil.

In addition, the receiver coil should be placed concentrically inside the exciter coil, and the capsule containing the nanoparticles to be measured should be placed in the middle of this receiver coil. In addition, the drive coil was wound with aluminum foil and grounded. In the thumbnail, there is a superparamagnetic iron oxide Fe_3O_4 solution in the capsule (nanomag® - MIP, surface: NH_2 , Size: 100 nm, $c(\text{Fe}) = 5.0$ g/ml). The accuracy of the signals of super paramagnetic nanoparticles detected in this system as described above for each component was obtained after calibration of the whole system. After ensuring correctness, the obtained signals can be displayed as a spectrum on the screen by performing Fourier transform. The signal flow of the system is shown in Figure 8.

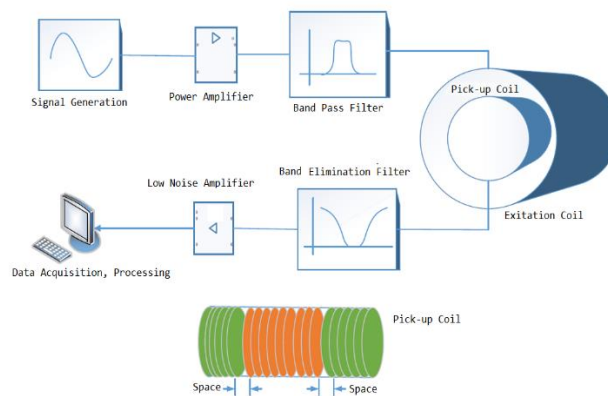


Figure 8. The signal flow of the system.

4. Measurements and results

Figure 9 shows the finished state of the spectrometer, the operating frequency is 1.556 kHz and this value can be changed according to the expression (2). Figure 10 is a view of the MPS signal received in this spectrometer. According to the signal processing theory, the sampling frequency must be at least twice as large as the frequency of the signal to be digitized. The sampling frequencies of the sound card we use can be changed via software. In this study, MPS signals obtained with 16 kHz and 38 kHz sampling frequencies and their FFT transformations are given in Figure 11 and Figure 12. The codes used for the FFT conversion of the MPS signal were written in Python version 3.6.8. The values of the FFT peaks obtained from both sampling frequencies are the same and these peak values are the monovalent harmonic components of the fundamental frequency matching the nanoparticles. Table 1 summarizes these values and the graph is given in Figure 13.

Table 1. FFT peak values.

<u>2n-1</u>	<u>Odd frequency harmonics</u>	
	<u>Freqs. (kHz)</u>	<u>Peaks (dB)</u>
<u>1f</u>	<u>1.556</u>	<u>4.1856</u>
<u>3f</u>	<u>4.668</u>	<u>2.0750</u>
<u>5f</u>	<u>7.780</u>	<u>1.3899</u>
<u>7f</u>	<u>10.892</u>	<u>0.6984</u>
<u>9f</u>	<u>14.004</u>	<u>0.4199</u>
<u>11f</u>	<u>17.116</u>	<u>0.2264</u>

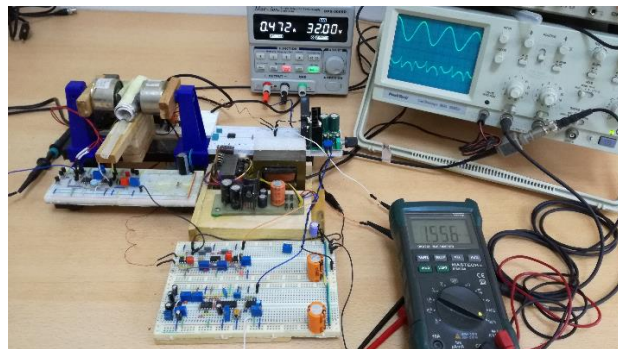


Figure 9 Magnetic nanoparticle detection system based on a sound card embedded on a laptop.

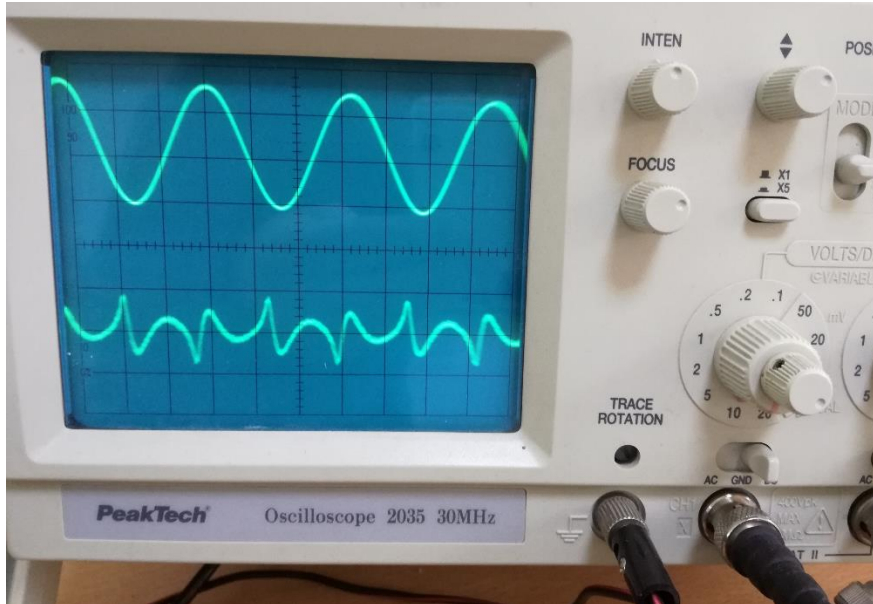


Figure 10. Observed MPS signal

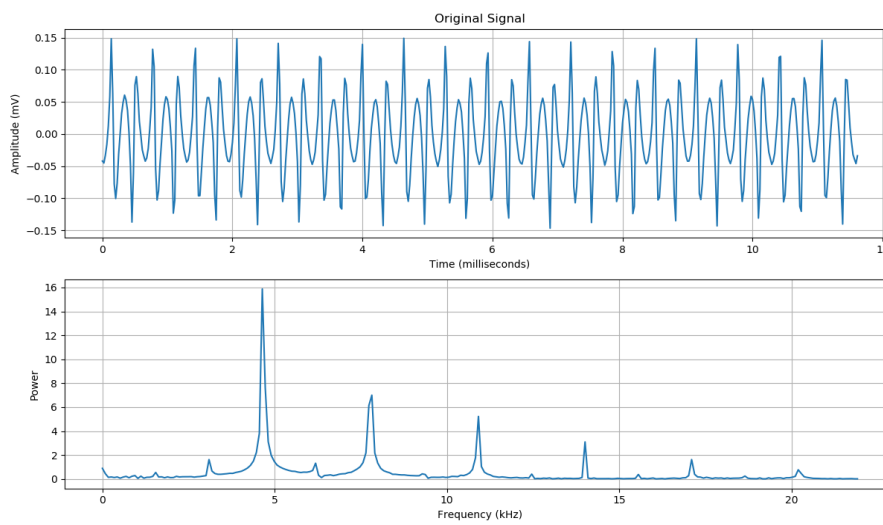


Figure 11 16 KHz sampled MPS signal and FFT

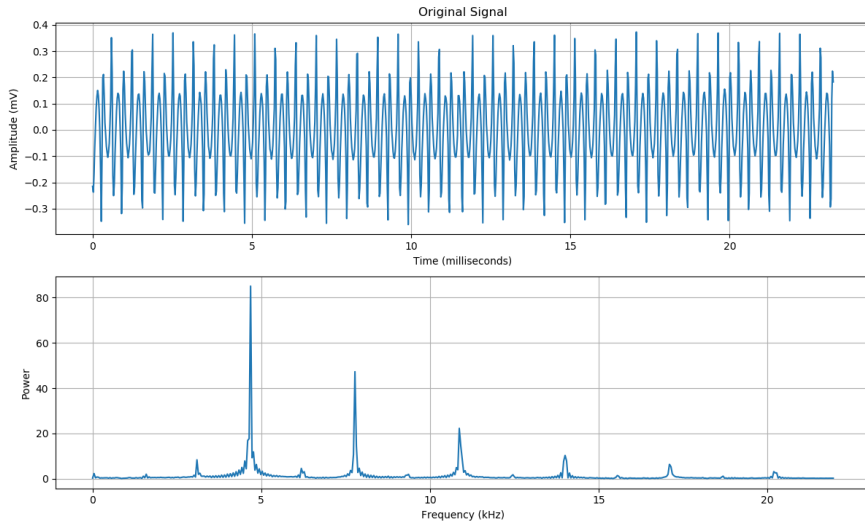


Figure 12 38 KHz sampled MPS signal and FFT

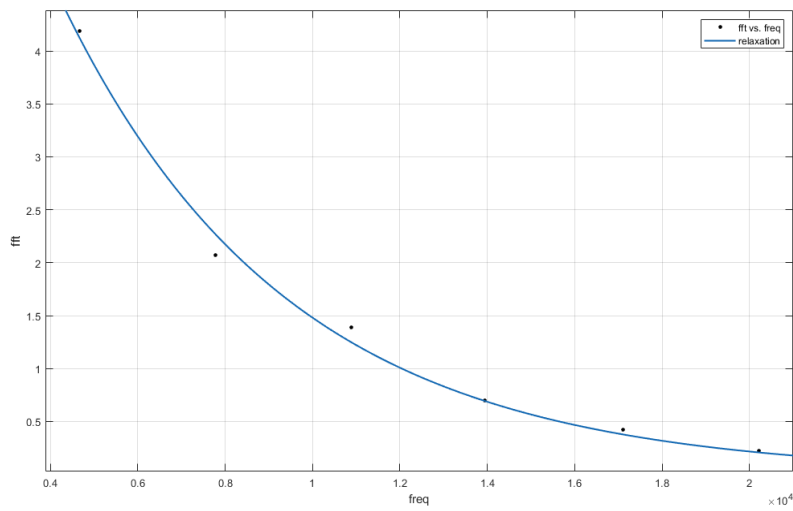


Figure 13 Frequency spectrum decays exponentially with increasing frequency.

In Figure 13, the upper end of the exponential curve obtained because of the graphical adaptation of the FFT peak points is cut off since the first harmonic in the particle spectrum cannot be used because the band stop filter suppresses the basic frequency.

5. Conclusions

In this paper, a nonlinear magnetic nanoparticles detection system was introduced to measure the suitability of magnetic nanoparticles for MPI. Consequently, a magnetic particle spectrometer (MPS) is a very useful tool, during particle synthesis, to forecast the suitability and ensure constant imaging quality. This system is essentially quantitative and real-time, but for small diameter and low concentration of magnetic nanoparticle, detection requires a higher quality of hardware circuitry and software algorithms. Comparing with other detection methods, it is a relatively low-cost, high-resolution, real-time rapid detection technology

References

Articles

- André Behrends, Matthias Graeser and Thorsten M. Buzug. Introducing a frequency-tunable magnetic particle spectrometer, De Gruyter, *Current Directions in Biomedical Engineering* 2015; 1:249–253.
- Design and Simulation of Magnetic Nanoparticles Detector Based on the Nonlinear Magnetization, 2013 6th International Conference on Biomedical Engineering and Informatics (BMEI 2013).
- Ferguson RM, Khandhar AP, Hamed A, Loc H, Hovorka O, Krishnan KM. Tailoring the magnetic and pharmacokinetic properties of iron oxide magnetic particle imaging tracers. *Biomedical Engineering/Biomedizinische Technik* 2013; 58(6): 493–507.
- Jürgen Rahmer, Jürgen Weizenecker, Bernhard Gleich and Jörn Borgert. Signal encoding in magnetic particle imaging: properties of the system function. *BMC Medical Imaging* 2009, 9:4 doi:10.1186/1471-2342-9-4.
- S. Biederer, T. Sattel, T. Knopp, K. Lütke-Buzug, B. Gleich, J. Weizenecker, J. Borgert, T.M. Buzug, A Spectrometer for Magnetic Particle Imaging. *ECIFMBE 2008, IFMBE Proceedings 22*, pp. 2313–2316, 2008
- S. Biederer, T. Sattel, T. Knopp, K. Lütke-Buzug, B. Gleich, J., Weizenecker, J. Borgert, T.M. Buzug, A Spectrometer for Magnetic Particle Imaging. *ECIFMBE 2008, IFMBE Proceedings 22*, pp. 2313–2316, 2008

Thorsten M. Buzuga,*, Gael Bringouta, Marlitt Erbea, Ksenija Gräfea, Matthias Graesera, Mandy Grüttnera, Aleksii Halkolaa, Timo F. Sattel a, Wiebke Tenna, Hanne Wojtczyka, Julian Haegele b, Florian M. Vogtb, Jörg Barkhausenb, Kerstin Lüdtke-Buzuga, Magnetic particle imaging: Introduction to imaging and hardware realization. *Z. Med. Phys.* 22 (2012) 323–334
<http://dx.doi.org/10.1016/j.zemedi.2012.07.004>, <http://journals.elsevier.de/zemedi>

Yan Tan, Yang Yu, Xing Lv, Ming Wang.

Web pages

Active Filters - Characteristics, Topologies and Examples,

<http://sound.whsites.net/articles/active-filters.htm>

Magnetic particle spectroscopy. <http://www.nanomag-project.eu/magnetic-particle-spectroscopy.html>

Operational transconductance amplifier, https://en.wikipedia.org/wiki/Operational_transconductance_amplifier

Slawomir Tumanski, Induction Coil Sensors – a Review. <http://www.tumanski.x.pl/coil.pdf>

TDA2050 32 W hi-fi audio power amplifier.

<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/25046/STMICROELECTRONICS/TDA2050.html>

XR-2206 Monolithic Function Generator. https://www.sparkfun.com/datasheets/Kits/XR2206_104_020808.pdf

TASARIMDA GELECEK TEMASI VE MOBİLYANIN BİLİMKURGU FİLMLERİ ÜZERİNDEN İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Bilge YARAREL DOĞAN
İstinye Üniversitesi

Özet: Günümüzde teknolojik gelişmelerin gerçek hayatta ki karşılığını deneyimleyebilmekte veya geleceğe yönelik tasarımları içeren temsillerle karşılaşabilmekteyiz. Bu temsil araçlarından en bilinenlerinden birisi olan sinema özellikle bilimkurgu türü üzerinden teknoloji-gelecek temalarıyla insanı ve mobilyayı sıklıkla konu edinmektedir. Genel olarak geleceğe dair distopik öngörülerin yer aldığı bu tür filmlerde gelişmiş teknolojinin farklı ölçeklerdeki uygulamalarına dair göstergelerle izleyiciye ulaşmaktadır. Geleceğin yaşam çevresi sadece dünya olarak tanımlanmamaktadır. Farklı gezegen ve galaksilerinde bir yaşam çevresi olabileceğinin öngörüldüğü bilim kurgu sinemasında çoğunlukla geleceğin teknolojisi bağlamında kent, mimari kabuk, mekan ve mobilya konuları yeni yaşam biçimleri konsepti içinde ele alınmaktadır. Bu çalışma içerisinde bilimkurgu sinemasında gelecek kavramı mekânsal olarak ele alınacaktır.

Kavramsal kurgular sinemayla olduğu kadar mimarlık, şehir bölge, peyzaj, endüstri ürünleri tasarımı ve mobilya tasarımının da bir uğraş alanıdır. Pek çok farklı disiplinin kavramsal üretimleri ile gelecek öngörüsünde bulunma durumu söz konusudur. Her ne kadar bağımsız gibi algılsa da hepsi birbirini destekler. Sinema ve tasarım disiplinleri ele alındığında teknolojik gelişmelerin insan ile onun bulunduğu tanımlı hacim arasında iletişimi sağlayan ve kurguyu güçlendiren mobilyaya yansıyor yansımadağı bilim kurgu filmleri üzerinden tespit edilecektir. Bu bağlamda incelenecek olan filmlerde, filmin yayımlandığı tarihteki teknolojik gelişmeler ve öngörülen teknoloji arasında ne gibi farklılıklar olduğu mobilyalar üzerinden açıklanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Sinema, Bilimkurgu, Tasarım, Gelecek, Mobilya

Investigation of the Future Design and Furniture in the Design on Science Films

Abstract: Nowadays, we are able to experience the equivalent of technological developments in real life or we may encounter representations that include designs for the future. One of the most well-known tools of this representation, cinema is often the subject of technology-future themes through

science fiction. In general, the dystopic projections of the future in this type of films in advanced scales of technology with different indicators on the application to reach the viewer. The living environment of the future is not only defined as the world. In the science fiction cinema where it is envisaged that there may be a living environment in different planets and galaxies, mostly in the context of future technology, the subjects of urban, architectural shell, space and furniture are discussed in the concept of new life styles. In this study, the concept of future in science fiction cinema will be discussed spatially. Conceptual fictions are a field of interest not only in cinema but also in architecture, city region, landscape, industrial design and furniture design. The conceptual production of many different disciplines is predictive of future. Although they are perceived as independent, they all support each other. When the cinema and design disciplines are taken into consideration, it will be determined through the science fiction films that the technological developments are reflected in the furniture that provides the communication between the human and the defined volume and strengthening the fiction. In the context of the films to be examined in this context, the differences between the technological developments in the film's publication and the predicted technology will be explained through furniture.

Keyword: Cinema, Science Fiction, Design, Future, Furniture

1.GİRİŞ

Sinema 20. Yüzyılın sonlarına doğru, modern insanın günlük yaşamının ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Sinema görsel kültürün en hızlı değişen, gelişen bu nedenle de kitleler üzerinde fazlasıyla etkisi olan önemli sanat dallarından biridir. Aynı zamanda mimarlık disiplini içinde önemli bir beslenme alanı olarak kabul edilmektedir. İçinde bulunduğumuz teknoloji ve bilgi çağında büyük bir değişim geçirmekte olan 'mekân' ve mekanın bir parçası olan "mobilya" kavramı, tarih boyunca fiziksel bir olgudan sanal ve soyut bir kavrama dönüşmeye başlamıştır. İnsanoğlu teknolojiye dayalı mekânı üretirken, mekânın tanımını ve gerçeklik algısını da değiştirmeye başlamıştır. Teknolojinin yaygın kullanımı ile değişime uğrayan mekân ve mobilya kavramlarına sinema perspektifinden bakıldığında geçirdiği evrim ve insan ile etkileşimi daha iyi anlaşılmaktadır. Teknoloji, gelecek, uzay ve yapay zeka gibi konularda meydana gelen gelişim karşısında endişelenen insan, eleştirel bir yaklaşımla endişelerinin dışavurumu olarak distopik bir bakış açısı geliştirmeye başlamıştır.

Sinema ilk yıllarında günümüze kadar mimarlık ve dolayısıyla tasarımın her alanı ile iç içe geçmiştir. Mimarlık tarihçisi Uğur Tanyeli (2001) sinema ve mimarlık arasındaki etkileşimin üç temel yol izlediğini belirtmiştir. Birinci yol sinemanın inşa

edilmemiş ve gerçeklik düzleminde kullanılmayan bir sanal mimarlık alanı tanımlaması biçiminde oluşmaktadır. İkincisi, sinemanın 'gerçek' mimari mekanları kendi sanal evreninde yeniden üretmesi ile somutlaşmaktadır. Üçüncü yolda ise sinema kendi olay kurgusu içinde bir kişilik olarak mimari ve/veya mimarlık etkinliğini konu almaktadır. Bu bağlamda disiplinlerin kesin sınırlarının belirsizleştiği; kesişimlerden oluşan karmaşık bir yapı, etkileşimli bir sistemde melezleşen disiplinlerin oluştuğunu söylemek yanlış olmaz. Bu etkileşimler ile birlikte disiplinler kendi alanlarına ait çözümleri diğer alanlarda da aramaya başlamış ve disiplinlerarasında yeni ilişkiler doğmaya başlamıştır. Mimarlık hem veri edinme hem de bu veriyi işleyip kullanabilme anlamında diğer bilgi alanlarının bakış açılarına ihtiyaç duymaktadır. Doğası gereği görsel iletişim biçimleri ile ilişkisi kaçınılmazdır. Modern dünyanın yeni sanatı olarak beliren ve hızla gelişen fotoğraf ve fotoğrafın hareket ve sesle evrilmiş hali olan sinema, mimarlığın etkileşim içinde olduğu temel görsel iletişim biçimlerindedir. Mimarlık ve sinemanın varoluşunun iki temel unsuru olan 'zaman ve mekan' kavramlarının ortak oluşu düşünüldüğünde bu iki disiplin arasındaki ilişkinin etkileşimden bir adım ötede dahi olduğu söylenebilir (Us, Yararel, 2011).

Tüm tasarım alanlarının ve sinemanın özünü oluşturan kavramlar olan zaman ve mekanın ortak olduğu düşünülürse, bu iki disiplin arasındaki bağın etkileşim 'den bir adım ileride olduğu söylenebilir. Bu bağlama mimarlık kendini ararken sinemayı, sinema ise kendini yaratırken mimarlığı kullanır. Mekanın kendisini oluşturan mimarinin ayrılmaz bir parçası olan mobilya da bu sürecin içerisinde kendine bir yer bulur. Bu bağlamda mobilya; sembol veya simge, bir anlamı karşılayan işaretin genel kabul görerek toplumsal bir kod haline dönüşmesi olarak tanımlanabilir (Özçam, Uzunaralan, 2013, s:85) . Sinema, ayrıntılı yaşam görüntüleri yaratır ve ortaya çıkarır. Bu yaratımın içinde yapılar, mekanlar, mobilyalar, şehirler, kültür görüntüleri ve özel yaşam şekilleri var edilir. Sinema varoluşsal mekanın nitelik ve boyutlarını tanımlar; yaşamın deneysel sahnelerini yaratır.

“İçinde mimariden görüntüler bulunmayan bir film bulmak zordur. Bu iddia, filmin içinde gerçekten bir bina görünse de görünmese de doğrudur, çünkü bir görüntünün 18 çerçevelenmesi, ya da ölçeklendirilmesi veya aydınlatma, halihazırda belli bir yerde bulunulduğunu gösterir. Diğer bir yandan, bir yer belirlemek mimarinin temel görevidir; mimarinin ilk işi insanın dünyadaki yerini belirlemektir” (Ünver,2012; s:17).

2. GELECEK VE TASARIM İLİŞKİSİ

Tüm tasarım disiplinlerinin pratiklerinde ortaya koyulan nesne; ihtiyaca yönelik belirlenen fonksiyonlarının yanı sıra bir gösterge ve temsil biçimi olma özelliği de taşımaktadır. Tasarım pratiği geçmişten günümüze sahip olduğu bu özelliği ile

biçim, ölçek, renk gibi birçok öğeyi içerisinde barındırır. Geçmişten günümüze ister tasarlanıp üretilerek hayata geçirilsin, isterse farklı alanların içeriklerinde kavramsal bir nesne kurgusu olarak varlığını sürdürsün, her nesne bu yapma dilin sağlamış olduğu veriler sayesinde iletişim kurabilmektedir. Geleceğin öngörülen yaşam mekanları, şehirleri, binaları, mobilyaları ve nesnelere kavramsal olarak tasarlanmaktadır. Mevcut tasarım çıktılarından farklı olarak, kavramsal tasarım nesnelere geleceğin öngörülen içeriğini ve tasarım dilini sinema izleyicisine aktarır. Mevcut bir sandalye figürü ile geleceğin öngörülen sandalye figürü benzerlikler/metaforlar ile sınıflandırılır.

2.1. Bilim Kurgu Tanımı

Bilim Kurgu Geleceğin, dünya üzerinde veya dünya dışında, var olanın/olmayanın kurgusal olarak ifade edildiği, ilim ve teknoloji konularını fikrîsel üretimine dahil eden bir yaratma biçimidir. Bilim kurgu sineması ise; görsel anlamda kurgulanmış tüm öngörülerini somutlaştırarak insanlara sunabilme imkanına sahip olup en fazla insana ulaşabilen alandır. İnsanların hayal edebildikleri her şeyin gerçekleştirilebildiği bir alan olarak bilim kurgu sineması farklı ölçeklerde kavramsal tasarım nesnelere ile oldukça fazla çeşitlilik sunmasından dolayı oldukça önemli bir rol üstlenir. Hayal gücünün sınırlarını zorlayan fikirler veren filmler, geleceğin dünyalarını, mekanlarını ve malzemesini yansıtan bilimkurgulardır. Bilimkurgu filmleri aracılığıyla geleceğin mimarlığı üzerine yeni tartışma ortamları sağlayabilir hatta geleneksel algılayışımızı değiştirecek farklı bakış açıları kazanabiliriz. Sinema yeni zaman-mekan birimleri yaratarak yeni bir gerçeklik oluşturur ve bu yarattığı gerçeklik film perdesinde kalmaz. Bilim kurgu filmleri, sıklıkla fütüristik uzay mekikleri, robotlar veya diğer teknolojiler eşliğinde; dünya dışı yaşam formları, yabancı gezegenler ve zaman yolculuğu gibi hayali fenomenlerin spekülâtif ve bilime dayalı tasvirlerini kullanan film türüdür. Bilimkurgu filmlerinde tasarlanan mekanlar ve bu mekanların parçası olan mobilyalar sinema-mimarlık ilişkisinde incelendiğinde; iki disiplinin birbirinden etkilendiği ve yeni tasarımların doğmasında rol oynadıkları görülmektedir.

2.1. Bilim Kurgu Filmlerinde Mekan-Mobilya-Malzeme

2.1.1. “2001-Space Odyssey” Filminin İncelemesi

Yönetmen: Stanley Kubrick

Senaryo: Stanley Kubrick, Arthur C.Clark

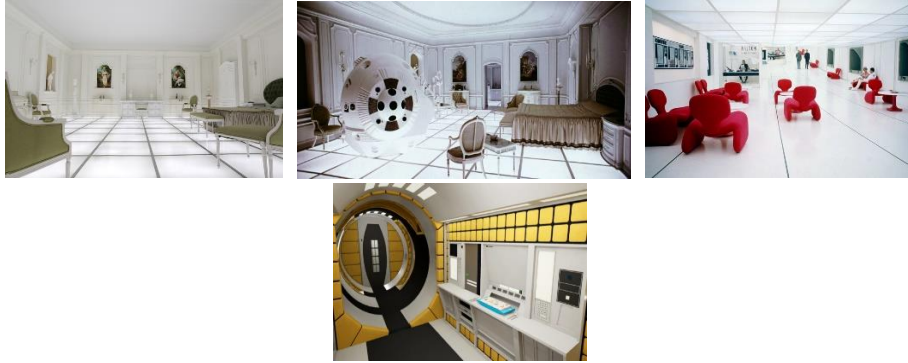
Oyuncular: Keir Dullea, Arthur C.Clark, Gary Lockwood, Douglas Rain, William Sylvester

Türü: Bilimkurgu, Gizem

Yapımcı: Stanley Kubrick, Arthur C.Clark

Yapım yılı ve yeri: 1968, ABD

Arthur C.Clarke' ın "2001" adlı romanından uyarlanan ve Stanley Kubrick' in yönettiği '2001 Uzay Macerası/2001 A Space Odyssey-1968 filminin ilk bölümü olan "İnsanoğlunun Şafağında maymunların geçirdikleri evrim süreci anlatılmakta, sonrasında 2001 yılına geçilerek, insanın uzayda varolması ve makinayla ilişkisi anlatılmaktadır. Filmde uzayın sonsuzluğu ve yaşamın tekdüzeliği vurgulanırken değişik kamera açılarıyla insan-mekan ve mobilyalar önemsizleştirilmeye çalışılmış, izleyiciye alışılmışın dışında aktarılmıştır. Sahne geçişlerinde perspektif iyice bozulmakta, yalınlığın ve uzayın sınırsızlığının altının çizilmesi amaçlanmıştır. Uzay araçlarında varolan mekanlar sade ve boş olarak betimlenirken kullanılan mobilyalar mekanın aksine dikkat çekici biçimde dinamiktir. Geleceğe yönelik mobilya fikirlerinin temelini oluşturan amorf formlarda mobilyalar günümüzün mobilya tasvirlerinin oluşumunda önemli bir yönlendirme aracı olarak görülmektedir.



Şekil 2: Filmde Kurgulanmış Geleceğin Mekanları; Yatak Odası, Mobilya ve Mutfak Örnekleri

Bilim Kurgu türünün söylevi geçen son iki yüzyılda değişime uğramıştır. İlk başlarda bir fantazi ürünü olarak nitelendirilirken günümüzde teknoloji ve bilim ile birlikte evrimleşen insan uygarlığının olası geleceğine dair önemli sosyolojik, politik, mimari ve felsefik ipuçları ve çıkarımlar sunan akılcı bir tür olarak yol göstermiştir. Bu bağlamda 1986 yılında çekilmiş olan "2001-Space Odyssey" filmi için

tasarlanan mekan ve mobilyaların günümüz tasarımını etkilemiş olduğunu söylemek yanlış olmaz.

Bilim kurgu filmleri genel olarak yapıldıkları dönemin ötesindeki bilimsel ve teknolojik gelişmelerin varlığını işaret etmektedir. Fakat bilim kurgu filmleri güncel bilimsel ve teknolojik verilerden bağımsız olarak zamanını aşmak için çözülmemiş tasarım problemlerini içeren yeni ürün deneyimlerini ortaya koyar. Bu ürün ya da ürünler daha çok kavramsal boyuttadır. Buradaki öngörüler ise bilimsel ve teknolojik gelişmeler ile farklılaşarak ya da aynı şekilde gerçek hayatta uygulamaya geçebilir(Bezci, Dünder Türkkan, s;354)

“Bilim-kurgu filmi, çok ender olarak pozitif ütopya projeleri tasarlama; içinde yaşamaya değer bir dünya modeli kurma cüretini gösterir. Bu filmlerin çoğu, geleceğin bize hazırlayabileceği olası tehlikeleri ve bunlara ilişkin korkuları; kökleri içinde yaşadığımız çağda ya da günlerde çoktan atılmış endişeleri anlatırlar”(Atayman,95).

2.1.2. “Azınlık Raporu/Minority Report” Filminin İncelenmesi

Yönetmen: Steven Spielberg

Senaryo: Scott Frank, Jon Cohen

Oyuncular: Tom Cruise, Colin Farrell, Paul Wesley, Peter Stormare, Kathryn Morris

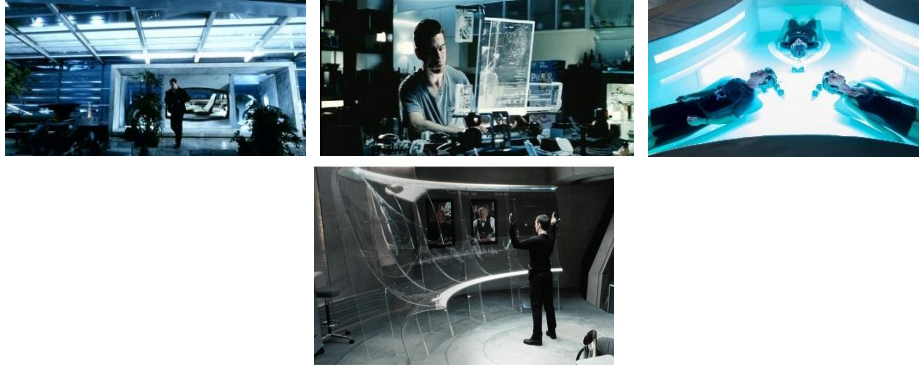
Türü: Bilimkurgu, Aksiyon, Gizem

Yapımcı: Jan de Bont, Gary Goldman

Yapım yılı ve yeri: 2002, ABD

Film 2054 yılındaki bir dünyayı ele almaktadır. Teknolojik gelişmeler düşünülerek kurgulanmış bir filmidir. Filmde üç kâhinin ön gördükleri cinayetlerin teknolojiden de yararlanılarak cinayetler gerçekleşmeden tespiti ön plana çıkmaktadır. Cinayet çözümlenmesi suç öncesi adı verilen bir birim tarafından gerçekleştirilmektedir. Filmdeki ana karakter bu birimde çalışan kişilerden biridir. John Anderton, gelecekte 2054 yılında geçen bir zamanda yaşamaktadır. “Suç Öncesi Birimi” adını verdikleri bir dedektif merkezinde çalışan John, burada dedektiflik yaparak suçluların kimliklerini belirleme ve yakalatma göreviyle yükümlüdür. Ancak bu iş klasik dedektif hikâyelerinden çok farklı ilerlemektedir. Birim tamamen ileri teknolojik aygıtlara bağlı olarak inşa edilmiştir ve ülke güvenliğini sağlamak amacıyla suçluların cinayeti işlemeyen önce yakalanmasını sağlamaktadır.

Ülkede suç oranı neredeyse bitmiş durumdadır. Çünkü suçlular suçu işlememiş olsalar bile cezalandırılır. Steven Spielberg'in Philip K. Dick'in kısa öyküsünden uyarladığı bilim-kurgu filmi, 2002 yılında gösterime girmiştir. Filmde yer alan bazı teknolojiler günümüzde de kullanılmaktadır. Filmdeki mekanlarda cam, metal, beton görünümlü malzemeler çoğunlukla tercih edilmiştir.



Şekil 2: Filmde Kurgulanmış Geleceğin Mekanları; Teknolojik Öğeler

“Yenilikçi filmler, tarz ve biçimleri sayesinde seyircilere daha iyi hayat tahayyülleri sunabildikleri gibi günümüzle ilgili eleştirel düşünceler de ortaya koyabilir veya insan varoluşuna ilişkin felsefi aydınlanma da sağlayabilirler.” (Kellner, 2011: 35). Douglas Kellner'ın bu yaklaşımı, günümüzde gelişen veya hayal edilen teknolojilerin sinemada ki konumu açısından da değerlendirilebilmektedir. Filmde teknolojik bir dünya yaratmak ve bu dünyayı seyirciye kanıtlamak, aynı zamanda bilimsel açıdan bir öngörü ve imkân da sağlayabilmektedir. Sinema, kurgusal bir gerçeklik yaratırken, fütürizm ise filmde kullanılan teknolojiyi “olağanüstü” algısından kurtarmaya çalışır. Temel olarak gelecekçilik olgusu, filmdeki gerçeklik ile özdeşleşir. Bu şekilde seyirci, gerçek dünyada henüz görmediği yeniliğin hayalini kurmaya, yönelmeye ve ihtiyaç duymaya başlar. Henüz icat edilmemiş bir aracın filmde bir karakter tarafından kullanılıyor olması, aynı zamanda toplumu, gelecekteki yeniliklere hazırlama fikri açısından önemli bir rol oynamaktadır. “ (Boyar, 2016,sf:163)

2.1.3. “Tron Efsanesi/Tron Legacy” Filminin İncelemesi

Tron Efsanesi / Tron: legacy Yönetmen: Joseph Kosinski

Senaryo: Edward Kitsis, Adam Horowitz, Steven Lisberger, Richard Jefferies

Oyuncular: Olivia Wilde, Cillian Murphy, Michael Sheen, Jeff Bridges, Garrett Hedlund

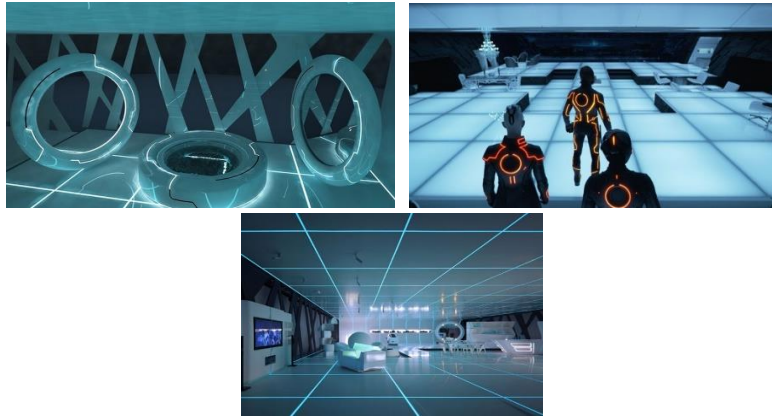
Türü: Bilimkurgu, Aksiyon, Macera

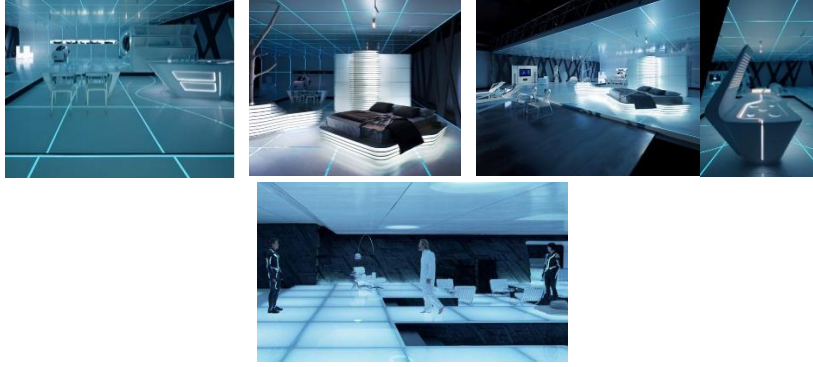
Yapımcı: Steven Spielberg, Steven Lisberger Yapım yılı ve yeri: 2010, ABD

“Tron Efsanesi filmi”, gösterime girdiği dönem içerisinde incelendiğinde; döneminde çekilmiş diğer bilimkurgu filmlerinde ayrılmakta, kurgusu ve ifade tekniğiyle farklı bir anlam ifade etmektedir. Tron filminde kurgu tamamen başka bir mekânzamanda kendi dünyasını oluşturur ve bu dünya ne gelecektir ne de geçmiştir. Burası alternatif bir dünyadır. Dolayısıyla Tron, alışlagelmiş bilimkurgu filmlerinin aksine ne ütöpik ne de distopic bir gelecek kurgusu temeline oturmaktadır. Tron; on altı dakikası dışında tamamen bilgisayar ortamında üretilen ilk ticari film filmidir ve bu nedenle tüm görsel öğeler; derinlik, renk, ışık, gölge, hareket ve efektlerin, gerçek kameradan bağımsız üretilmiştir. Film sanal ortamda geçtiği için, kamera da sanallaşarak, gerçek alanda kameranın hareket yeteneklerinin ötesine geçmektedir (Çalışkan, 2013, s. 94).

Dijital dünyada göze çarpan materyaller metal, cam ve deridir. Gökyüzü bulunmamaktadır. Mekânda sonsuzluk hissinin verilmeye çalışıldığı gözlemlenmiştir. Dijital dünyada sürekli devam eden parlak neon ışıkları göze çarpmaktadır. Materyal olarak camın kullanılması mekanları görünür kılmaktadır.

Dijital dünyada babasının yaşadığı mekânda ise beyaz rengin hâkim olduğu görülmektedir. Mekânda kitaplar da göze çarpmakta, mekânın bir kayalığın içine konumlandırıldığı düşünülmektedir.





Şekil 3: Filmin Tasarım Anlayışına Yönelik Mobilya Kullanım Örnekleri

İleri teknolojilerin paralel bir evrende kullanımının söz konusu olduğu kurgunun içerisinde şehir; kavramsal tasarım nesnesi olarak varlığını göstermekte ve günümüzden farklı olarak kullanılan teknoloji öğesiyle paralel bir evren ve kurgusal bir şehir nasıl olurdu sorusu göstergeler yolu ile tasvir edilmiştir. Aynı şekilde göstergeler aracılığı ile mimari yapılanmalarda da kavramsal tasarım nesnelere ve öngörüler üzerinden aktarılmaktadır. Kurgulanmış mekanların tümü, kullanılan mobilyalar ve malzemeler özellikle müsabaka düzenlenen alanların göstergeleri bir kavramsal tasarım nesnesi ve öngörüdür olarak kabul edilebilir. Mobilya filmin konusu içinde geçen hiçbir alanda kavramsal tasarım nesnesi olarak kurgulanmamıştır. Mevcut mobilyanın sadece malzeme ve renk gibi farklılıklar ile mekan ile bütünleştirildiği gözlemlenmiştir. Ürün olarak savaş ve kimlik diskleri, ışık motorları, çeşitli hava araçları, kurguyla bütünleşen kıyafet tasarımları bulunmaktadır. Bunlar hem kavramsal birer tasarım nesnesi hem de geleceğe yönelik öngörülerdir.



Şekil 3: Filmin Tasarım Anlayışına Mobilya, Mutfak ve Banyo Kullanım Örnekleri

SONUÇ

Sinemanın belleğimize sağladığı imgeler, mimari mekanlarla sınırlı değildir. Herhangi bir yapının olmadığı bir sahne bile film çerçevesinin tanımladığı mekan içinde yaşam durumlarını gösterirken, Gerçek yaşam içinde bir yapının anlamının kendi bağlamı içinde, onu deneyimleyenlerde açığa çıkması gibi, film mekanları da olaylara ve kişilere bağlı olarak anlam kazanırlar. Mobilya film mekanı içinde izleyicide yarattığı etki için belirleyici bir unsurdur ve mekan kullanımıyla birlikte filmin hikayesi için oldukça önemlidir. Kullanım işlevine ek olarak bir bildirim nesnesi, mesaj ileten bir araç ve anlam taşıyıcısıdır. Biçim dili ile çevresine, işlevine, yapım amacına, kullanıcıya ve tasarımcısına dair bilgiler ileten mobilyada iletişim, tasarımı meydana getiren gösterge ve sembollerin kullanıcıya/izleyiciye aktarılması ile sağlanmaktadır. ‘Mekan’ ise zaman gibi var oluşa ilişkin temel unsurlardan biri olmasına karşın, bilgi kuramı açısından tanımı oldukça güç olan kavramlardan biridir. Günlük yaşamda mekanın ölçülebilir nesnel özelliklerinin baskın olduğu sıradan kullanım yaygın olsa da mekan öznel deneyimlere bağlı varolan, farklı türden algılama biçimleri olan karmaşık bir olgudur.

Geleceğe ilişkin öngörüler ile her bilim kurgu filmi, seyircisine gelecekte şimdiki zaman içerisinde deneyimlediklerinin çok daha ötesinde farklı fikirler verirken, günümüzün bilim ve teknoloji alanındaki gelişmelerin düşüncelerine destek verir. Çoğunlukla bilim kurgu, günümüzü referans alıp geleceğe dair daha çok ayakları yere basan öngörülerde bulunarak, yeni bir dünyanın zeminini hazırlar: robotlar, yapay zeka, androidler bu kurgusal dünyanın bir parçasıdır; tasarlanan sistemler bazen hastalıkları tamamen ortadan kaldırmaktadır bazen de kendi bağımsızlığını kazanıp insanoğlunu yok etmeye çalışmaktadır. Bilim kurgu filmlerinde tüm bunların yanı sıra tanımlanan geleceğe ayak uyduracak ve insan istek ve yaşam tarzlarına karşılık gelebilecek nitelikte bugün çevremizde olan objelerden beslenerek ve akılcı bir şekilde kurgulanan nesnelere sıklıkla kullanılır. Bilim kurgu filmlerindeki gelecek öngörülerini ve bu öngörüler ile günümüz teknolojik ilerlemelerinin desteklenmesi, bahsedilen nesnelere filmlerdeki varlıklarına bağlıdır. Günümüze kadar gelişen teknoloji ile birlikte sinema yapıtlarında kullanılan nesnelere ve buna yönelik öngörülerinde değişim geliştiğini de söylemek mümkündür.

KAYNAKÇA

- Bezci, İ., Dündar Türkkkan, V., “Teknoloji Ve Mobilya İlişkisinin Bilim Kurgu Filmleri Üzerinden İncelenmesi” Hacettepe Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, Journal of Advanced Technology Sciences ISSN:2147-345 06800, Ankara, Türkiye
- Boyar, N., (2016) “Sinemada Fütürist Yaklaşım: Minority Report Filminin İncelenmesi” The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication - TOJDAC April 2016 Volume 6 Issue 2 Submit Date: 10.03.2016, Acceptance Date: 27.03.2016, DOI NO: 10.7456/10602100/010, İstanbul Kültür Üniversitesi, Türkiye
- Çalışkan, Ö., (2013), “Bilim-Kurgu Film Türünde İdeoloji Örneği: Tron Efsanesi”, 4. Uluslararası İmaj/İmge Konferansı’nda “An Example of Ideology and Representation in Science Fiction Cinema: TRON and TRON: Legacy” başlığıyla sunulan sözlü bildirinin genişletilmiş hali.
- Ek Bektaş, E., (2017) “Sinema ve Mekân İlişkisi Açısından Bilimkurgu Filmlerine Bir Bakış” Mimarlık ve Yaşam Dergisi, Journal of Architecture and Life (37-54) ISSN: 2564-6109 DOI: 10.26835/my.315168
- Kellner, D., (2013), Sinema Savaşları, 1. Baskı, Çev. Güral Koca, Metis yayıncılık, İstanbul.
- Özçam, I., Uzunarslan, H.Ş., (2013) “Mobilyanın Sembolleşmesi ve Güncel Yönelimler” Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, Tasarım ve Kuram Dergisi, İstanbul
- Tanyeli, U.,(2009), “Temsiliyet Nesnenin Temsili Sanalın Sanallıkla İfadesi”, ‘Sinema Ve Mimarlık Dosyası’, Arredamento Mimarlık, 11:66.
- Us, F., Yararel, B., (2011) “Sosyo-Kültürel Bağlamda Mimari Ortamın Sinemada Temsili”, 23. Uluslararası Yapı ve Yaşam Kongresi: Mimarlık Meslek Ortamı, TMMOB Mimarlar Odası, Bursa
- Ünver, B., (2012), Sinemada Mekansal Duyumsama: Shining Filmi Örneği. Yüksek Lisans Tezi. Bahçeşehir Üniversitesi,FBE, İstanbul

SILVER NANOPARTICLES INCORPORATED POLYOXOMETALATE FOR DETECTION OF BISPHENOL A

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet KAYA

Pamukkale Üniversitesi

Prof. Dr. Necip ATAR

Pamukkale Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet Lütfi YOLA

İskenderun Teknik Üniversitesi

Dr. Canan ONAC

Pamukkale Üniversitesi

Özet: Gerçekleştirdiğimiz bu çalışmada Bisfenol A (BPA)'nın tayini için polioksometalat (POM) kompozit katkılı gümüş nanoparçacıklara (AgNP'ler) dayanan elektrokimyasal analizi ve moleküler baskılı polimeri çalışılmıştır. POM (AgNPs / POM) kompozit içeren AgNP'lerin karakterizasyonu için transmisyon elektron mikroskobu (TEM) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılmıştır. Camı karbon elektrotun (GCE), AgNPs / POM kompoziti ile kaplanmasından sonra, BPA baskılı elektrodun 25.0 mM BPA içeren 100.0 mM pirol varlığında cyclic voltametri (CV) ile BPA'nın tayini sağlanmıştır. BPA baskılı elektrot, 1.0×10^{-11} - 1.0×10^{-8} M doğrusal aralığında ve 2.0×10^{-12} M deteksiyon limitinde (LOD) BPA'nın tanınması için yüksek hassasiyet göstermiştir. BPA baskılı elektrot, BPA'nın tayini için gerçek numuneye uygulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Moleküler baskılı sensör, Bisfenol A, polioksometalat, Gümüş nanopartikül, Meyve suyu

Silver Nanoparticles Incorporated Polyoxometalate for Detection of Bisphenol A

Abstract: Electrochemical analysis based on silver nanoparticles (AgNPs) incorporated polyoxometalate (POM) composite and molecularly imprinted polymer was presented for Bisphenol A (BPA) detection. Transmission electron microscope (TEM), scanning electron microscope (SEM), x-ray photoelectron spectroscopy (XPS), x-ray diffraction (XRD) method and electrochemical impedance spectroscopy (EIS) methods were utilized for

characterizations of AgNPs incorporated POM (AgNPs/POM) composite. After the modification of glassy carbon electrode (GCE) with AgNPs/POM composite, BPA imprinted electrode was formed for BPA recognition in the presence of 100.0 mM pyrrole containing 25.0 mM BPA via cyclic voltammetry (CV). BPA imprinted electrode showed high sensitivity for BPA recognition in wide linear range of 1.0×10^{-11} - 1.0×10^{-8} M and detection limit (LOD) of 2.0×10^{-12} M. After that, BPA imprinted electrode was applied to real sample for BPA determination.

Keywords: Molecular imprinted sensor; Bisphenol A; Polyoxometalate; Silver nanoparticles; Fruit juice

1. INTRODUCTION

BPA is a significant organic monomer. It is used in the production of epoxy-resins (Lin et. all 2017, Yang et all 2018). In addition, BPA is used in food and water industries (Shim et. all 2018). Especially, the use of BPA increases into drinks and food. However, this situation threatens to humans and life (Mirzajani et. all 2017) . Because of this, the analysis of BPA is important in terms of its harmful effects. Several analytical procedures such as liquid chromatography, mass spectrometry and enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) are used for the determination of BPA (Lin et. all 2017, Guney and Guney 2017, Deiminiat 2017). Hence, the development of sensitive and selective analytical methods for BPA analysis is crucial in real samples. MIPs with their selectivity and mechanical properties are the most effective and low cost method in the preparation of synthetic recognition elements (Atar and Yola 2018, Yola and Atar 2018). MIPs are widely used in pharmaceuticals, agriculture, food and environmental science and the development of MIP-based sensor is one of the most challenging issues in recent years (Yola and Atar 2017). The aim of the study is built up of modified electrode for selective determination of BPA from fruit juice sample via double component nanohybrids and MIP. For this purpose, BPA imprinted and non-imprinted electrochemical sensors were prepared and characterized.

2. EXPERIMENTAL

2.1 Materials

All chemicals were purchased from Merck (Germany). The solutions of BPA, BPB, EST and TES (1.0 mM) were prepared in phosphate buffer solution (PBS) (0.1 M, pH 5.0).

2.2 Synthesis of AgNPs/POM Nanocomposite and Electrode Preparation

The $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ (1.0 mL, 1.0 mM) was dissolved in ultra-pure water. The $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ (1.0 mL, 1.0 mM) was reduced using a ultra-violet (UV) light source. AgNO_3 solution (1.0 mM) was added to the $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ solution (0.5 mg mL^{-1}) at 1:1 volume ratio in a quartz bottle. After the sonication of the dispersion, the solution was stirred under the UV light for 30 min and **AgNPs/POM** nanocomposite (0.2 mg mL^{-1}) was dried. AgNO_3 and $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ were used as a gold nanoparticle precursor and a reducing agent, respectively. 20.0 mL of 1.0 mM AgNO_3 was added into a 50 mL volumetric flask on a stirring hot plate. During stirring 2 mL of $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (1.0%) was slowly added into the gold precursor solution at 65°C . The solution was well mixed at the same temperature until the color of solution changed to red, and then it was boiled for 20 minutes. The mean diameters of the AgNPs were maximum 15-20 nm and the **AgNPs** were stabilized with ethanol. AgNPs and AgNPs/POM modified glassy carbon electrodes (AgNPs/GCE and AgNPs/POM/GCE) were prepared in this study. The prepared nanomaterial and nanocomposites (AgNPs and AgNPs/POM) were dropped onto the clean electrode surface (10). BPA imprinted GCE, BPA imprinted AgNPs/GCE and BPA imprinted AgNPs/POM were prepared in harmony with literature (7, 11). In this protocol, 100.0 mM pyrrole containing 25.0 mM BPA in 0.1 M PBS (pH 5.0) was prepared for each of molecular imprinted electrodes. After that, CV method was used for 30 cycles to form MIP/GCE, MIP/AgNPs/GCE and MIP/AgNPs/POM/GCE. The non-imprinted (NIP) electrochemical sensors were prepared without BPA by CV.

2.3 Preparation of Real Samples

The orange juices were bought from a supermarket in Denizli/TURKEY. The samples were filtered with a $0.50 \mu\text{m}$ filter. The values of pH for real samples were adjusted using 0.1 M acetic acid. Additionally, the samples were (1:1) diluted with distilled water. Then, the results were evaluated. The measurements were repeated for six times. The concentrations of BPA in the samples were evaluated using calibration curves.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Characterizations

TEM image of AgNPs/POM nanocomposite shows (Fig. 1A) that the darker nucleus is assigned to AgNPs and its particle sizes are about 15-20 nm. EDX analysis of AgNPs/POM nanocomposite reveals Au, W, P and O peaks and confirms the formation of AgNPs/POM nanocomposite (Fig. 1B).

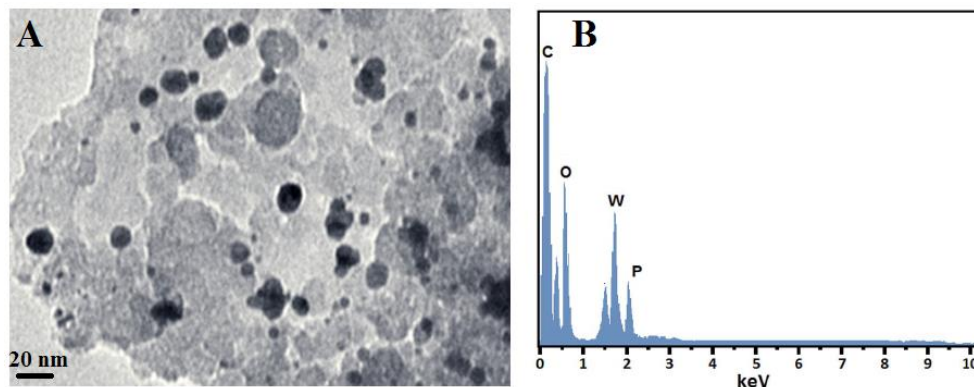


Figure 1. (A) TEM image of AgNPs/POM nanocomposite and (B) EDX analysis of AgNPs/POM nanocomposite

SEM characterization is performed for unmodified glassy carbon surface (bare GCE) and modified GCE with AgNPs/POM nanocomposite. The smooth surface of bare GCE is shown on Fig. 2A. The certain layers are also obtained on SEM image of nanocomposite (Fig. 2B).

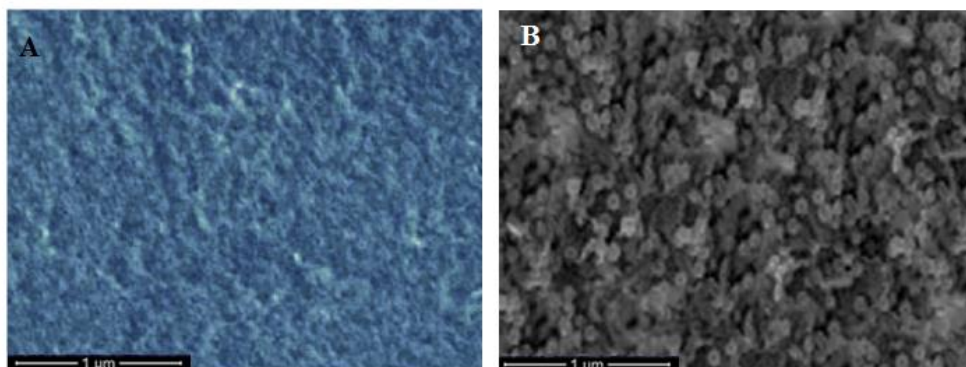


Figure 2. SEM images of (A) bare GCE and (B) AgNPs/POM/GCE

3.2. Formation of BPA Imprinted Polymer on AgNPs/POM Composite Modified Electrode

Fig. 3A reveals CV of pyrrole containing target molecule. The irreversible peak at about +0.88 V was seen on all scans. However, the irreversible peak current gradually diminished with scan. Finally, it disappeared at 30th cycle on AgNPs/POM/GCE. This case reveals the formation of polymer on surface.

In addition, the electrochemical activity properties of the imprinted and non-imprinted sensors were investigated. Firstly, the differential pulse voltammogram

(DPV) in the presence of 0.1 M PBS (pH 5.0) at MIP/AgNPs/POM/GCE was recorded (curve a of Fig. 3B) and the current signal was not obtained. However, the certain signals having about 15.0 μA at +0.60 V in the presence of 10.0 nM BPA (curve c of Fig. 3B) were observed. The non-imprinted sensor (NIP/AgNPs/POM/GCE) was prepared and the lower signal in comparison with MIP/AgNPs/POM/GCE was obtained (curve b of Fig. 3B). The obtained DPVs on different imprinted electrodes show that MIP/AgNPs/POM/GCE (curve c of Fig. 3C) reveals the highest catalytic effect against BPA molecules.

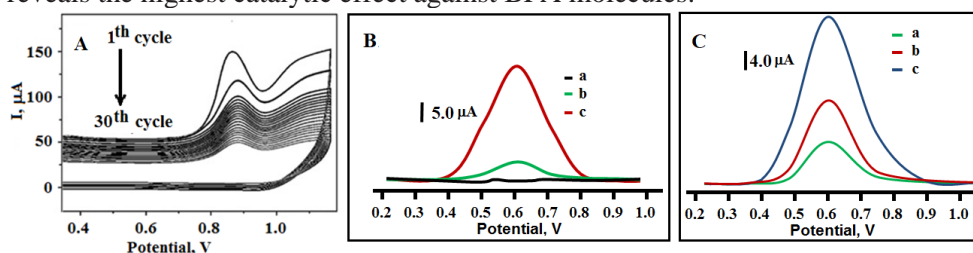


Figure 3. (A) The electrochemical polymerization of 100 mM pyrrole containing 25.0 mM BPA on AgNPs/POM/GCE (Scan rate: 100 mV s^{-1}); (B) DPVs of MIP/AgNPs/POM/GCE without BPA (a), NIP/AgNPs/POM/GCE in the presence of 10.0 nM BPA (b), MIP/AgNPs/POM/GCE in the presence of 10.0 nM BPA (c); (C) DPVs on imprinted electrodes in the presence of 10.0 nM BPA (a) MIP/GCE; (b) MIP/AgNPs/GCE; (c) MIP/AgNPs/POM/GCE.

The linear relationship between the sensor signals and analyte concentration was shown on Fig. 4. The calibration equation (Inset of Fig. 4) is $y (\mu\text{A}) = 1.4994 \times (\text{nM}) + 0.0803$ for MIP. $1.0 \times 10^{-11} \text{ M}$ and $3.0 \times 10^{-12} \text{ M}$ were found as quantification limit (LOQ) and LOD.

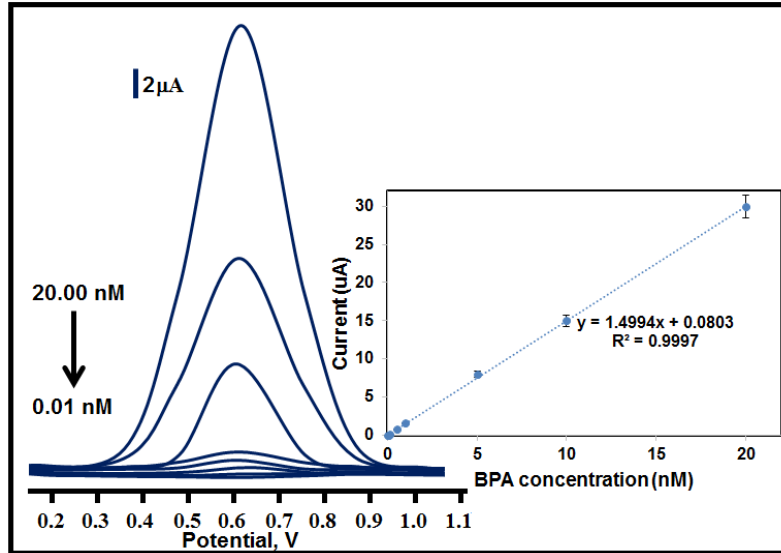


Figure 4. Effect of concentration on the current signals with DPVs: Inset: Calibration curve of BPA concentrations at MIP/AgNPs/POM/GCE in pH 5.0 of PBS (from 1.0×10^{-11} to 2.0×10^{-8} M BPA)

Firstly, recovery tests (Table 1) were performed to show the selectivity of molecular imprinted sensor including gold nanoparticles incorporated polyoxometalate. The close values to 100.00% indicate that the matrix presence can not affect the selective analysis of BPA on MIP/AgNPs/POM/GCE. In addition, standard addition method was used for analysis of BPA in real sample. The calibration equation of standard addition method was found to be y (μA) = $1.4980 \times (\text{nM}) + 0.1020$. The slopes of standard addition method and normal calibration method are almost the same. Hence, the selective detection of BPA can be accomplished without interference.

Table 1. The recovery of BPA (n=6)

Sample	Added BPA (nM)	Found BPA (nM)	Recovery (%)
Fruit juice samples	-	0.21 ± 0.02	-
	0.10	0.32 ± 0.04	103.23 ± 0.2
	0.50	0.70 ± 0.08	98.59 ± 1.3
	1.00	1.22 ± 0.03	100.83 ± 0.2

4. CONCLUSION

In this study, molecular imprinted sensor including gold nanoparticles incorporated polyoxometalate was emerged and utilized for BPA recognition. The sensor was formed by the composite including molecularly imprinted polymer and double component nanohybrids. After the analytic performance as the linearity range and LOD, the sensor properties as selectivity, stability and repeatability were investigated. MIP/AgNPs/POM/GCE helps to detect BPA in low concentration level. Finally, the sensor is suitable for BPA analysis in food samples.

REFERENCES

- B. DEIMINIAT, G. H. ROUNAGHI, M. H. ARBAB-ZAVAR AND I. RAZAVIPANAH, (2017). A novel electrochemiluminescence sensor for bisphenol A determination based on graphene–palladium nanoparticles/polyvinyl alcohol hybrids, *Sensors and Actuators B: Chemical*, **242**, 158.
- H. MIRZAJANI, C. CHENG, J. WU, J. CHEN, S. EDA, E. NAJAFI AGHDAM AND H. BADRI GHAVIFEKR, (2017). A highly sensitive and specific capacitive aptasensor for rapid and label-free trace analysis of Bisphenol A (BPA) in canned foods. *Biosensors and Bioelectronics*, **89**, 1059.
- K. SHIM, J. KIM, M. SHAHABUDDIN, Y. YAMAUCHI, M. S. A. HOSSAIN AND J. H. KIM, (2018). Efficient wide range electrochemical bisphenol-A sensor by self-supported dendritic platinum, *Sensors and Actuators B: Chemical*, **255**, 2800.
- M. L. YOLA AND N. ATAR, (2014). “A novel voltammetric sensor based on gold nanoparticles involved in p-aminothiophenol functionalized multi-walled carbon nanotubes: Application to the simultaneous determination of quercetin and rutin” *Electrochimica Acta*, **119**, 24.
- M. L. YOLA AND N. ATAR, (2017). A Highly Efficient Nanomaterial with Molecular Imprinting Polymer: Carbon Nitride Nanotubes Decorated with Graphene Quantum Dots for Sensitive Electrochemical Determination of Chlorpyrifos, *Journal of The Electrochemical Society*, **164**, B223.
- M. L. YOLA AND N. ATAR, (2018). Gold Nanoparticles/Two-Dimensional (2D) Hexagonal Boron Nitride Nanosheets Including Diethylstilbestrol Imprinted

- Polymer: Electrochemical Detection in Urine Samples and Validation, *Journal of The Electrochemical Society*, **165**, H897.
- M. L. YOLA, C. GÖDE AND N. ATAR, (2017) Molecular imprinting polymer with polyoxometalate/carbon nitride nanotubes for electrochemical recognition of bilirubin, *Electrochimica Acta*, **246**, 135.
- N. ATAR AND M. L. YOLA, (2018). Core-Shell Nanoparticles/Two-Dimensional (2D) Hexagonal Boron Nitride Nanosheets with Molecularly Imprinted Polymer for Electrochemical Sensing of Cypermethrin, *Journal of The Electrochemical Society*, **165**, H255.
- Q. YANG, X. WU, H. PENG, L. FU, X. SONG, J. LI, H. XIONG AND L. CHEN, (2018). Simultaneous phase-inversion and imprinting based sensor for highly sensitive and selective detection of bisphenol A. *Talanta*, **176**, 595.
- S. GÜNEY AND O. GÜNEY, (2017). Development of an Electrochemical Sensor Based on Covalent Molecular Imprinting for Selective Determination of Bisphenol-A, *Electroanalysis*, **29**, 2579.
- X. LIN, C. CHENG, P. TERRY, J. CHEN, H. CUI AND J. WU, (2017). Rapid and sensitive detection of bisphenol a from serum matrix, *Biosensors and Bioelectronics*, **91**, 104.

DIAZINONUN MOLEKÜLER BASKILI POLİMERLE TAYİNİ

Dr. Canan ONAC

Pamukkale Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet Lütfi YOLA

İskenderun Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Necip ATAR

Pamukkale Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet KAYA

Pamukkale Üniversitesi

Özet: Bu çalışmada diazinonun tayini için polioksometalat (POM) / iki boyutlu altıgen bor nitrid (2D-hBN) nanosheets katılmış gümüş nanopartiküle (AgNPs) dayalı elektrokimyasal tanıma ve moleküler baskılı polimer (MIP) yöntemi sunulmaktadır. Nanomalzemelerin karakterizasyonu için bazı mikroskopik ve elektroanalitik yöntemler uygulanmıştır. AgNPs / POM / 2D-hBN nanokompozit üzerindeki DIA baskılı voltammetrik sensör, 25.0 mM DIA içeren 100.0 mM pirool varlığında CV ile gerçekleştirilmiştir. DIA baskılı elektrot 1.0×10^{-11} - 1.0×10^{-8} M doğrusal aralığında ve 3.0×10^{-12} M detection limitinde (LOD) DIA'nın tanınması için yüksek hassasiyet göstermiştir. DIA baskılı sensör DIA'nın analizi için gıda numunelerine uygulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Moleküler baskılı sensör, diazinon, polioksometalat, Altıgen bor nitrid, Meyve suyu

Detection of Diazinon by Molecularly Imprinted Polymer

Abstract: Electrochemical recognition based on silver nanoparticles (AgNPs) incorporated polyoxometalate (POM)/two-dimensional hexagonal boron nitride (2D-hBN) nanosheets and molecularly imprinted polymer (MIP) was presented for diazinon (DIA) detection. Some microscopic and electroanalytical methods were performed for characterizations of nanomaterials. After that, DIA imprinted voltammetric sensor on AgNPs/POM/2D-hBN nanocomposite was carried out in presence of 100.0 mM pyrrole containing 25.0 mM DIA via CV. DIA imprinted electrode showed high sensitivity for DIA recognition in wide linear range of 1.0×10^{-11} - 1.0×10^{-8} M and detection limit (LOD)

of 3.0×10^{-12} M. The DIA imprinted sensor was applied to food sample for DIA analysis.

Keywords: Molecular imprinted sensor; Diazinon; Polyoxometalate; Hexagonal boron nitride; Fruit juice

1. INTRODUCTION

Health risks resulted from pesticide-based foods are considerable much attention. Some of the pesticides used in agriculture becomes inert and harmless. The organophosphorus pesticides such as DIA are significant chemical agents and utilized by farmers to improve the agricultural products (Pakzad et. all 2013). Especially, they increase the useage of them to decrease the loss of crops. However, this situation threatens to humans and life (Premkumar et. all (2007), Zhou et. all (2015). Especially, the ingestion of certain food with DIA is taken into consideration as one of the significant ways for toxicity. Several analytical procedures like capillary electrophoresis, mass spectrometry and fluorimetry are used to determinate pesticides (Choi et. all (2015), Garcia-Valcarcel et. all. (2009), Palenikova et. all (2015), Vukovic (2012), Regueiro (2015), Pacioni and Veglia (2003)). The molecularly imprinted polymers (MIP) with their selectivity and mechanical properties are the most effective and low cost method used in the preparation of synthetic recognition elements (Atar and Yola (2018a), Atar and Yola (2018b)). Recently, The POM-based materials have been extensively reported in various fields (Medetalibeyoğlu et. all (2018)) . Especially, the researchers have recently presented modified electrodes as powerful sensors instead of conventional electrodes. Electrochemical modified electrodes are better choice in comparison with other analytical methods due to highly sensitivity and low toxicity. In addition, the applications of modified electrodes improve the simultaneous analysis of two or more electroactive analytes. Especially, molecular imprinted polymers, nanomaterials and nanocomposites are main mediators for modified electrodes. Hence, the improved selectivity and sensitivity of electrochemical sensors for trace and simultaneous determination of drugs or other biological samples was obtained. The aim of the study is built up of modified electrode for the determination of DIA selectively from fruit juice sample via tri-component nanohybrids and MIP. For this purpose, DIA imprinted and non-imprinted electrochemical sensors were prepared and characterized.

2. EXPERIMENTAL

2.1. Materials

All chemicals were purchased from Merck (Germany). The phosphate buffer (PBS, 0.1 M, pH 6.0) was used as supporting electrolyte.

2.2. Synthesis of 2D-hBN nanosheets and AgNPs/POM/2D-hBN nanosheets

2D-hBN nanosheets were prepared according to the report. After the reduction of $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ (1 mL, 1.0 mM), 2D-hBN suspension was added into the reduced POM at a 1:1 (v/v) (POM/2D-hBN nanosheets). After the formation of POM/2D-hBN nanosheets, AgNO_3 solution (1.0 mM) was added to the POM/2D-hBN nanosheets solution (0.5 mg mL^{-1}) in a quartz bottle. After the sonication of the dispersion, the solution was stirred for 30 min and AgNPs/POM/2D-hBN nanosheets (0.2 mg mL^{-1}) were dried.

2.3. Electrode preparation

The modified electrodes such as 2D-hBN/GCE, POM/2D-hBN/GCE and AgNPs/POM/2D-hBN/GCE in this investigation were prepared according to reports elements (Atar and Yola (2018a), Atar and Yola (2018b)).

2.4. Preparation of DIA imprinted electrode

DIA imprinted (MIP) 2D-hBN/GCE, POM/2D-hBN/GCE and AgNPs/POM/2D-hBN/GCE were prepared in harmony with literature (Yola et. all (2017)). In this protocol, 100.0 mM pyrrole containing 25.0 mM DIA in 0.1 M PBS (pH 6.0) was prepared for each of molecular imprinted electrodes. After that, CV method was used for 30 cycles to form the molecular imprinted electrodes. The non-imprinted (NIP) electrochemical sensors were prepared without DIA by CV.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Characterization results

XRD patterns of boron nitride based materials were given Fig. 1A. The certain peaks attributing to (100), (101) and (102) planes confirm the presence of bulk boron nitride (curve a) (Shabannia 2018). According to curve b of Fig. 1A, the characteristic diffraction peaks, corresponding to (002) and (100) plane on 2D-hBN nanosheets, are observed (Yola and Atar (2018)). The bulk and irregular structure

was obtained on SEM image of boron nitride (Fig. 1B). After its ultrasonication, the SEM image of the obtained the nanosheets (Fig. 1C) shows that the particle thickness of the nanosheets decreases. The Au, W, P, B and N elements on AgNPs / POM / 2D-hBN nanosheets confirm the formation of tri-component nanohybrids in the EDX analysis (Fig.1D).

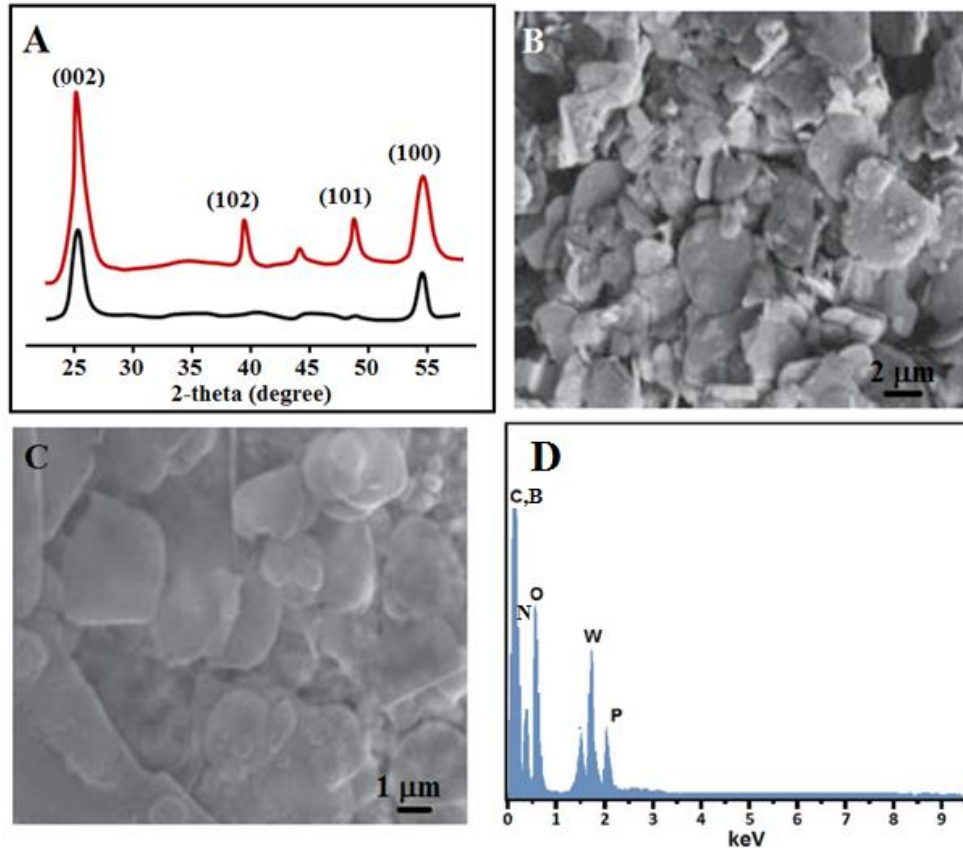


Figure 1. XRD pattern (A) of bulk boron nitride (curve a), 2D-hBN nanosheets (curve b); SEM images of (B) bulk boron nitride, (C) 2D-hBN nanosheets, (D) EDX image of AgNPs/POM/2D-hBN nanocomposite Morphology of MIP and NIP surfaces were also investigated.

The polymer layer relating to MIP was observed on Fig. 2A. The less porous structure with NIP surface was formed (Fig. 2B). Fig. 2C indicated the presence of gold nanoparticles with the average diameters with 15-20 nm.

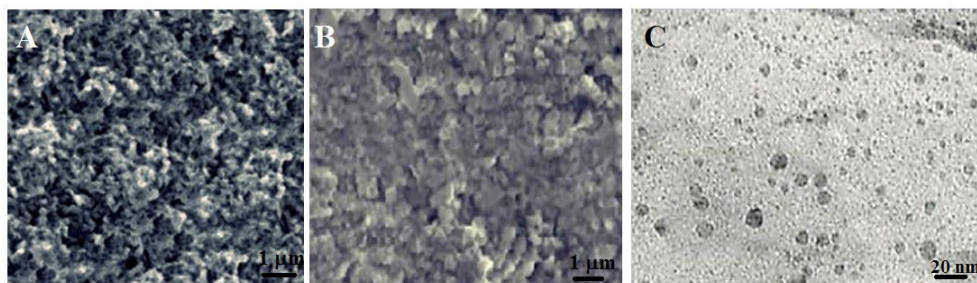


Figure 2. SEM images of (A) MIP/AgNPs/POM/2D-hBN/GCE, (B) NIP/AgNPs/POM/2D-hBN/GCE, (C) TEM image of AgNPs/POM/2D-hBN nanocomposite

3.2. Formation of DIA Imprinted Polymer on AgNPs/POM/2D-hBN/GCE Composite Modified Electrode

Fig. 3C reveals CV of pyrrole containing target molecule. The irreversible peak at about +0.90 V was seen on all scans. However, the irreversible peak current gradually diminished with scan. Finally, it disappeared at 30th cycle on AgNPs/POM/2D-hBN/GCE. This case reveals the formation of polymer on surface.

In addition, the electrochemical activity properties of the imprinted and non-imprinted sensors were investigated. Firstly, the differential pulse voltammogram (DPV) in the presence of 0.1 M PBS (pH 6.0) at MIP/AgNPs/POM/2D-hBN/GCE was recorded (curve a of Fig. 3A) and the current signal was not obtained. However, the certain signals having about 10.0 μA at +0.50 V in the presence of 10.0 nM DIA (curve c of Fig. 3A) were observed. The non-imprinted sensor (NIP/AgNPs/POM/2D-hBN/GCE) was prepared and the smaller signal in comparison with MIP/AgNPs/POM/2D-hBN/GCE was obtained (curve b of Fig. 3A). The obtained DPVs on different imprinted electrodes show that MIP/AgNPs/POM/2D-hBN/GCE (curve d of Fig. 3B) reveals the most catalytic effect against DIA molecules.

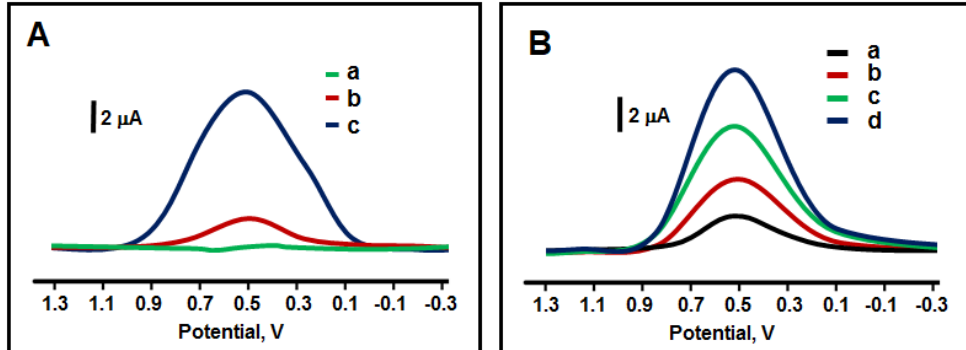


Figure 3. (A) DPVs of MIP/AgNPs/POM/2D-hBN/GCE without DIA (a), NIP/AgNPs/POM/2D-hBN/GCE in presence of 10.0 nM DIA (b), MIP/AgNPs/POM/2D-hBN/GCE in presence of 10.0 nM DIA (c); (B) the obtained DPVs on imprinted electrodes in presence of 10.0 nM DIA (a) bare GCE; (b) POM/GCE; (c) POM/2D-hBN/GCE; (d) AgNPs/POM/2D-hBN/GCE

3.3. Linearity range

The linear relationship between the sensor signals and analyte concentration was shown on Fig. 4. The calibration equation (Inset of Fig. 4) is $y (\mu\text{A}) = 1.0021x (\text{nM}) + 0.0777$ for MIP. 1.0×10^{-11} M and 3.0×10^{-12} M were founded as quantification limit (LOQ) and LOD.

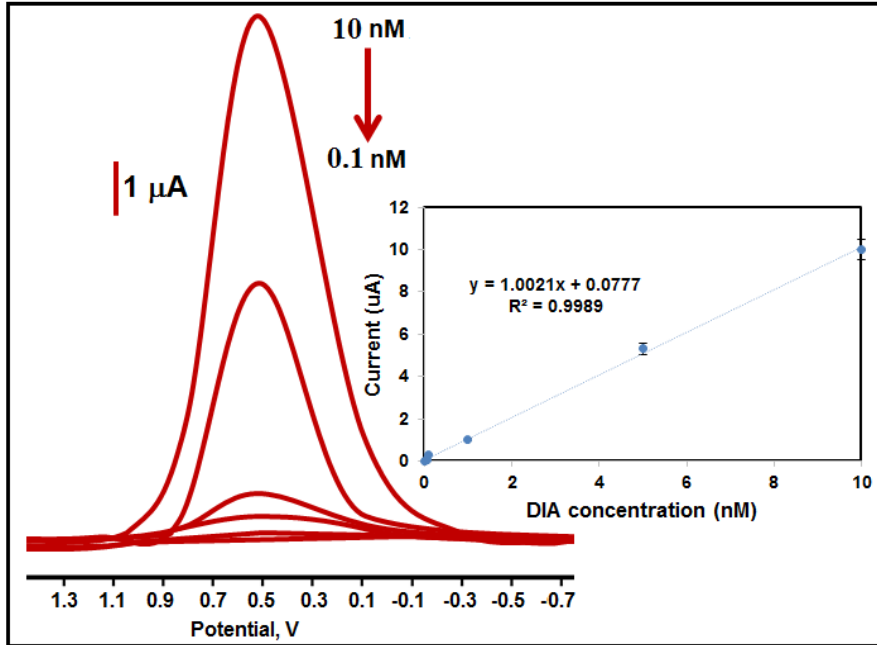


Figure 4. Effect of concentration on the current signals with DPVs: Inset: Calibration curve of DIA concentrations at MIP/AgNPs/POM/2D-hBN/GCE in pH 6.0 of PBS (from 1.0×10^{-11} to 1.0×10^{-8} M DIA)

3.4. Recovery

Firstly, recovery tests (Table 1) were performed to show the selectivity of molecular imprinted sensor including gold nanoparticles incorporated polyoxometalate/hexagonal boron nitride nanosheets. The close values to 100.00% indicated that the matrix presence cannot affect the selective analysis of DIA on MIP/AgNPs/POM/2D-hBN/GCE. In addition, standard addition method was used for analysis of DIA in real sample. The calibration equation of standard addition method is founded to be $y (\mu\text{A}) = 1.0078x (\text{nM}) + 0.1349$. The slopes of standard addition method and normal calibration method are almost the same. Hence, the selective detection of DIA can be accomplished without interference.

Table 1. The recovery of DIA (n=6)

Sample	Added DIA (nM)	Found DIA (nM)	Recovery (%)
Fruit juice samples	-	0.12 ± 0.01	-
	0.10	0.21 ± 0.02	95.45 ± 0.6
	0.50	0.63 ± 0.07	101.61 ± 1.1
	1.00	1.13 ± 0.04	100.89 ± 0.9

4. CONCLUSION

In this study, molecular imprinted sensor including gold nanoparticles incorporated polyoxometalate/hexagonal boron nitride nanosheets was emerged and utilized for DIA recognition. The nanomaterials were characterized by SEM, XRD, TEM, CV and EIS. The sensor was formed by the composite including molecularly imprinted polymer and tri-component nanohybrids. After the analytic performance as the linearity range and LOD were investigated. MIP/AgNPs/POM/2D-hBN/GCE helps to detect diazinon in low concentration level. Finally, the sensor is suitable for diazinon analysis in food samples.

REFERENCES

- A. PÁLENÍKOVÁ, G. MARTÍNEZ-DOMÍNGUEZ, F.J. ARREBOLA, R. ROMERO-GONZÁLEZ, S. HROUZKOVÁ, A.G. FRENICH, (2015). Multifamily determination of pesticide residues in soya-based nutraceutical products by GC/MS–MS, *Food Chemistry*, 173 796-807.
- A.I. GARCIA-VALCÁRCEL, J.L. TADEO, (2009). A combination of ultrasonic assisted extraction with LC–MS/MS for the determination of organophosphorus pesticides in sludge, *Analytica Chimica Acta*, 641 117-123.
- G. VUKOVIĆ, D. SHTEREVA, V. BURSIĆ, R. MLADENOVA, S. LAZIĆ, (2012). Application of GC–MSD and LC–MS/MS for the determination of priority pesticides in baby foods in Serbian market, *LWT - Food Science and Technology*, 49 312-319.

H. MEDETALİBEYOĞLU, S. MANAP, Ö.A. YOKUŞ, M. BEYTUR, F. KARDAŞ, O. AKYILDIRIM, V. ÖZKAN, H. YÜKSEK, M.L. YOLA, N. ATAR, (2018). Fabrication of Pt/Pd Nanoparticles/Polyoxometalate/Ionic Liquid Nanohybrid for Electrocatalytic Oxidation of Methanol, *Journal of The Electrochemical Society*, 165 F338-F341.

J. REGUEIRO, O. LÓPEZ-FERNÁNDEZ, R. RÍAL-OTERO, B. CANCHO-GRANDE, J. SIMAL-GÁNDARA, (2015). A Review on the Fermentation of Foods and the Residues of Pesticides—Biotransformation of Pesticides and Effects on Fermentation and Food Quality, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55 839-863.

M. PAKZAD, S. FOULADDEL, A. NILÍ-AHMADABADI, N. POURKHALILI, M. BAEERI, E. AZIZI, O. SABZEVARI, S.N. OSTAD, M. ABDOLLAHI, (2013). Sublethal exposures of diazinon alters glucose homostasis in Wistar rats: Biochemical and molecular evidences of oxidative stress in adipose tissues, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 105 57-61.

M. ZHOU, F. HU, H. HE, S. SHU, M. WANG, (2015). Determination of Phosphorothioate Pesticides in Environmental Water by Molecularly Imprinted Matrix Solid-Phase Dispersion Coupled with Gas Chromatography and a Nitrogen Phosphorus Detector, *Instrumentation Science & Technology*, 43 669-680.

M.L. YOLA, C. GÖDE, N. ATAR, (2017). Molecular imprinting polymer with polyoxometalate/carbon nitride nanotubes for electrochemical recognition of bilirubin, *Electrochimica Acta*, 246 135-140.

M.L. YOLA, N. ATAR, (2018). A novel detection approach for serotonin by graphene quantum dots/two-dimensional (2D) hexagonal boron nitride nanosheets with molecularly imprinted polymer, *Applied Surface Science*, 458 648-655.

M.L. YOLA, N. ATAR, (2018). Gold Nanoparticles/Two-Dimensional (2D) Hexagonal Boron Nitride Nanosheets Including Diethylstilbestrol Imprinted Polymer: Electrochemical Detection in Urine Samples and Validation, *Journal of The Electrochemical Society*, 165 H897-H902.

N. ATAR, M.L. YOLA, (2018). Core-Shell Nanoparticles/Two-Dimensional (2D) Hexagonal Boron Nitride Nanosheets with Molecularly Imprinted Polymer for Electrochemical Sensing of Cypermethrin, *Journal of The Electrochemical Society*, 165 H255-H262.

N.L. PACIONÍ, A.V. VEGLIA, (2003). Determination of carbaryl and carbofuran in fruits and tap water by β -cyclodextrin enhanced fluorimetric method, *Analytica Chimica Acta*, 488 193-202.

P.A. PREMKUMAR, A. TURCHANIN, N. BAHLAWANE, (2007). Effect of Solvent on the Growth of Co and Co₂C Using Pulsed-Spray Evaporation Chemical Vapor Deposition, *Chemistry of Materials*, 19 6206-6211.

R. SHABANNIA, (2018). A high photocurrent gain in UV photodetector based on Cu doped ZnO nanorods on PEN substrate, *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 29 11646-11652.

S. CHOI, S. KIM, J.Y. SHIN, M. KIM, J.-H. KIM, (2015). Development and verification for analysis of pesticides in eggs and egg products using QuEChERS and LC-MS/MS, *Food Chemistry*, 173 1236-1242.

MİNİ EKSKAVATÖR ALT ŞASI TASARIMININ, SONLU ELEMENLAR VE YORULMA ANALİZİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Salih KORUCU
Gazi Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Gürcan SAMTAŞ
Düzce Üniversitesi

Özet: Ekskavatör; kazma işlevi yapan ve farklı ölçülerde kanal açma, dolmuş kanalları temizleme, toprak hafriyat, yığma, yükleme gibi çeşitli özelliklere sahip kendi buldukları düzeyin üzerinde ve altından toprak kaldırılabilen, çalışma esnasında çok yönlü hareket kabiliyetine sahip makinedir. TUBİ-TAK tarafından desteklenen bir projeyle, uluslararası standartlara uygun olarak, ülkemizde imalat ve montajı olmayan tamamen yurt dışından ithal edilen mini ekskavatörlerin ülkemizde üretilmesi ve bu sektördeki dışa bağımlılığımızın azaltılması hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda bu çalışmada; 1000-1500 kg çalışma ağırlığına sahip 10-12 Hp motor gücünde ve 175 bar basınçlı mini ekskavatörün alt şasi tasarımı, sonlu elemanlar ve yorulma analiziyle üretim öncesi dayanıklılığı değerlendirilmiştir. Analiz için alt şaside sac, yatak ve mil malzemesi metal sanayisinde kolaylıkla ulaşılabilen St-37, yatak ve mil malzemesi olarak SAE (AISI) 4140 ıslah çeliği kullanılmıştır. Malzeme atamaları tamamlanan tüm parçalardan sonra alt şasinin ağırlığı kullanılan program tarafından 360 kg. olarak, ağırlık merkezi göbek dişli merkezinden 11.72 mm. uzaklıkta hesaplanmıştır. Alt şasiye üst şasi ağırlığından kaynaklı 300.000 devir tekrarlı yük uygulanmış tüm parçaların minimum 1.000.000 devire kadar yorulma analizine dayanıklı olduğu görülmüştür. Ayrıca alt şasi üzerinde 1.000.000 devirde malzeme yorulmasından kaynaklı %100 deformasyona uğrayacak parça bulunmadığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mini ekskavatör, Mini ekskavatör tasarımı, Sonlu elemanlar analizi, Yorulma Analizi

Examination of Lower Frame Design of a Mini Excavator by Finite Elements and Fatigue Analysis

Abstract: Excavators are earthmoving machines that have characteristics used for digging, opening channels, cleaning filled channels, earthmoving,

stockpiling and sweeping and loading which can lift soil from above and below their level and have ability to move in multiple direction during operation. With a project that is supported by TÜBİTAK, it was aimed to produce mini excavators, which are not manufactured or installed in Turkey but completely important from abroad, in compliance with international standards in Turkey and reduce Turkey's dependence to imports in this sector. For this purpose, this study carried out the design of a lower frame of a mini excavator with 1000-1500 kg working weight, 10-12 Hp engine power and 175 bar pressure and analyzed its pre-production durability by finite elements and fatigue analysis. For the analysis, St-37, which easily accessible in the metal industry, was used as the sheet material in the lower frame, and SAE (AISI) 4140 tempered steel was used as the lining and shaft material. After all the parts were assigned materials, the weight of the lower frame was calculated as 360 kg by the software, while the center of gravity was found to be 11.72 mm from middle of the central gear. 300,000 rotations of repeated loads were applied on the lower frame coming from the weight of the upper frame, and the material was observed to have a durability against fatigue analyses up to 1,000,000 rotations. It was also determined that there was no part on the lower frame that would be subjected to 100% deformation due to material fatigue at 1,000,000 rotations.

Keywords: Mini excavator, Mini excavator design, Finite elements analysis, Fatigue analysis

1. GİRİŞ

Özellikle ikinci dünya savaşı sonrasında İtalya, Fransa ve Birleşik Devletler'deki çeşitli üreticiler günümüzün hidrolik ekskavatörünü üretmeye başlamışlardır. Savaştan sonra ilk ortaya çıkan ekskavatör 1946 yılında Cleveland Ohio'daki mucit Ray Ferwerda tarafından icat edilmiştir (ORLEMANN, 2003:101). Ekskavatörler üzerine yapılan tasarım ve üretim çalışmaları bilimsel anlamda da değerlendirilmektedir. Bu alanda yapılan çalışmalardan bir tanesi Salcudean vd. tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarında, tek etkili hidrolik silindir ile tasarladıkları mini ekskavatörlerinin kontrol edilmesi problemini çözmüşlerdir. Çalışma anındaki yüklere karşı özellikle ekskavatör kollarının durumunu kapalı bir döngü sistemi kurarak incelemişlerdir (SALCUDEAN vd., 1997:19). Patel ve Prajapati yaptıkları çalışmalarda, mini kazıcı-yükleyici ekskavatörün kova kapasitesi ve kazma esnasında oluşan kuvvetleri sonlu elemanlar yöntemiyle incelemişlerdir. SAE standartlarının dikkate alındığı bu çalışmada ilgili standartlarda belirtilen yük değerleri ile mini ekskavatörün performansı test edilmiştir (PATEL ve PRAJAPATI, 2012:59). Geleneksel metotlar hidrolik ekskavatörlerin enerji tasarrufunda önemli rol oynamaktadır. Ancak çalışır haldeyken genelde çok yakıt harcarlar ve buna en büyük etken kötü egzost

çıkışlarıdır. Bu nedenle verimli yakıt tüketimi adına yeni teknolojilerle tasarlanmaları gerekmektedir. Özellikle günümüzde araştırmacılar elektriksel unsurlar içeren hibrid teknolojilere sahip ekskavatörler geliştirmektedir. Wang vd. yaptıkları çalışmada yarı hibridleştirilmiş 5 ton kapasitesine sahip hidrolik ekskavatörlerin performanslarını analiz etmişlerdir. Bunun için iki farklı yapıda hibrid hareket unsurları içeren modelleri karşılaştırmışlardır (WANG vd., 2009:249). Aynı şekilde Lin vd. hibrid hidrolik ekskavatörler için enerjiyi yeniden değerlendirme üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmalarında hibrid özelliğe sahip hidrolik ekskavatörün potansiyel enerjisinin yeniden kazanılması üzerine, toplam enerjinin yaklaşık %41'ini yeniden kazanmışlardır (LIN vd., 2010:1016). Ekskavatörlerin tasarım ve performans değerlendirmeleri özellikle kollarının yapıldıkları malzeme niteliğine göre de değişmektedir. Solazzi yaptığı çalışmada, ekskavatörün kolları için alaşımlı çelik yerine 6061 T6 alüminyum alaşımları kullanmıştır. Bu malzeme ile farklı yükleme şartlarında yük kolu ve kova kollarının performansını stress, farklı mesafelerde dönme eksenine göre kaldırma, maksimum yükleme şartları, hidrolik silindirlerin durumu ve ekskavatörde oluşabilecek aşınma şartları ile ilgili sorunları araştırmıştır (SOLAZZI, 2010:201). Budy v.d. ekskavatör üzerine monte edilen bağımsız valflerin uygulanmasıyla ekskavatör sürecinin kontrolünü araştırmışlardır. Bu yaklaşımla, ekskavatör üzerine monte edilmiş güç çevirici ve algılayıcı kapalı kontrol sistemden kaçınmayı müsaade etmektedir. Kabul edilen sistemde bir mikrobilgisayar ve bir hidrolik ünite (pompa ve bağımsız valfler) olmak üzere iki alt sistem vardır. Silindirler içerisindeki ani değişimler göz önünde tutulmasıyla sistem performansı doğrulanmaktadır (BUDNY vd., 2003:245). Yerçekimi ve sürtünme kuvvetleri yüksek performans ve kontrolün sağlanmasında ağır iş makinası olan ekskavatörlerde önemli bir rol üstlenmektedir. Tafazoli v.d. yaptıkları çalışmada, yerçekimi parametrelerinin ayrıştırılmış tahmini için yeni bir yaklaşım sunmuşlardır. Çalışmalarında yerçekimi parametrelerinin tahmini için bilgisayar kontrollü mini ekskavatöre statik deneyler gerçekleştirmişlerdir. Hidrolik silindirlerden birleşme torkların dolaylı ölçümleri için yükleme pimleri kullanılmıştır (TAFAZOLI vd., 1996:329). Günümüzde hidrolik ekskavatörler inşaat, madencilik, kazı ve ormancılıkta yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Tecrübeli bir operatör de olsa arazi şartları, toprak parametreleri, kazı işlemi esnasında uygulanan toprak-makine etkileşim durumları göz önüne alınmalıdır. Özellikle kazı işlemi sırasında toprak ile makine arasında oluşan kuvvetlerin bulunması ekskavatörün daha iyi tasarlanmasına yardımcı olur. Patel ve Prajapati yaptıkları çalışmada, mini ekskavatörün kazma esnasında toprak –alet etkileşimi üzerine bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, toprak mekaniği, toprak makine arası etkileşim kuvvetleri ve gerçek kazı işlemi sırasında toprak –ekskavatör etkileşimine etki eden

çeşitli parametrelerin değerlendirilmesi yapılmıştır (PATEL ve PRAJAPATI, 2011:894). Son yıllarda ekipman üreticileri gittikçe artan oranda makine sağlığını göz önünde bulundurularak otomatikleştirilmiş makineleri geliştirmeye başlamışlardır (EDWARDS, 1998). Edwards ve Holt yaptıkları teorik incelemede ekskavatörlerin hem biçimsel hem de daha az tatmin edici gayri resmi olarak yük bağlantılarında vinç olarak kullanıldıklarını tespit etmişlerdir. Ekskavatörlerin vinç olarak kullanılması tehlikeleri kaldırma operasyonları felaketle sonuçlanabilir. Buna yönelik yapılan bir çalışmada, yükleri kaldırmak veya hafifletmek için önerilen risk kontrollerini incelenmişlerdir (EDWARDS ve HOLT, 2010:127). Ding vd. yaptıkları çalışmada, bağımsız ölçüme sahip akışkanlı güç sistemi ile ekskavatörün üzerindeki titreşimleri azaltmak için kutup yerleşimli ve kendi kendini ayarlayan basınç geri besleme kontrolü gerçekleştirmişlerdir. Kullandıkları ekskavatör için bağımsız ölçüm kontrol sistemleri, geleneksel valf kontrollü sistemlere kıyasla akışkan güç teknolojileri açısından umut vericidir. Çalışmada yürütülen deneylerde mini bir ekskavatör kullanılmıştır (DING vd., 2017:86). Ekskavatörlerde kepçe kuvvetinin sağladığı maksimum kazma kuvveti, kol silindirinin sağladığı maksimum koparma kuvveti, kaldırma kapasitesi, ilerleme hızı ve çıkabileceği maksimum eğim gibi parametreler ekskavatörün kapasitesini belirtmektedir. Sarı ve Ercan yaptığı çalışmada, ekskavatörün performansını belirten parametreleri kullanarak hidrolik sistemlerin teknik ve ekonomik yönden seçimine olanak veren bir yöntem geliştirmişlerdir (SARI ve ERCAN, 2005:337). Chang ve Lee hidrolik ekskavatör sistemin düz hatlı hareket izleme kontrolünü gerçekleştirmişlerdir. Kontrol sonuçları kepçe hızı 0,5 m/s olan 13 tonluk bir hidrolik ekskavatörün düz hat hareketlerine uygulanmıştır. Bu kriterler operatörlerinin hassas olarak çalıştığı hız seviyesidir (CHANG ve LEE, 2002:119). Ekskavatör, vinç, orman işleme makineleri gibi mobil araçların hareketli kollarında, titreşimlerin azaltılması gerekmektedir (OUYANG, 2011:123; SMOCZEK, 2014:70).

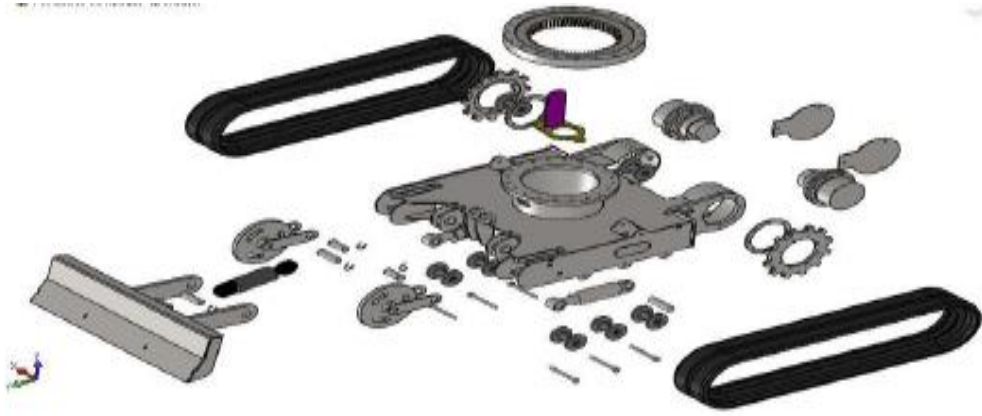
Ekskavatörler birçok mekanik yapıyı üzerinde barındırırlar. Bu unsurların her bir kısmı çalışma esnasında görev yerine göre farklı kuvvetlerin etkisi altındadır. Ekskavatörlerde analizler için kepçe, bom, arm, alt şasi, üst şasi birbirinden bağımsız olarak değerlendirilir. Bu çalışmada, TÜBİTAK destekli proje kapsamında üretimi yerli imkânlarla yapılacak olan mini ekskavatörün alt şasi bölümü, üretim öncesi analizlere tabi tutulmuştur. Bu sayede üretim sonrası makineyi kullanma sırasında doğacak olası olumsuz mekanik etkilerin ortadan kaldırılması amaçlanmıştır.

2. SONLU ELEMANLAR İLE GERİLME ANALİZİ

Analize başlamadan önce mini ekskavatörün alt şaseyi oluşturan tüm parçaların üç boyutlu tasarımı yapılmıştır (Şekil 1). Her bir parça birbirine montajlanmış bu

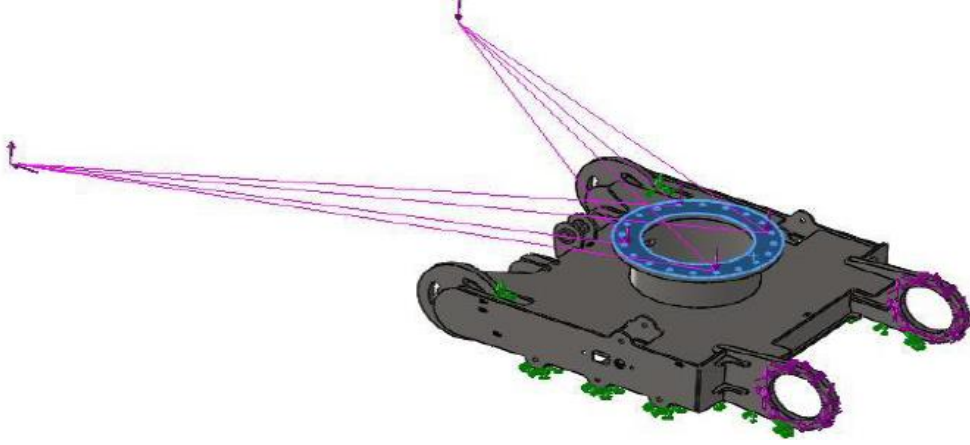
sayede makine unsurlarının birleşiminde birbiri ile uyumları kontrol edilmiştir. Daha sonra oluşturulan üç boyutlu model üzerinde sonlu elemanlar yöntemi ile analizler yapılarak imalat öncesinde makinenin karşılaşacağı kuvvetlere karşı dayanımı incelenmiştir.

Şekil 1. Üretilecek olan ekskavatörün alt şasi patlatılmış üç boyutlu çizimi



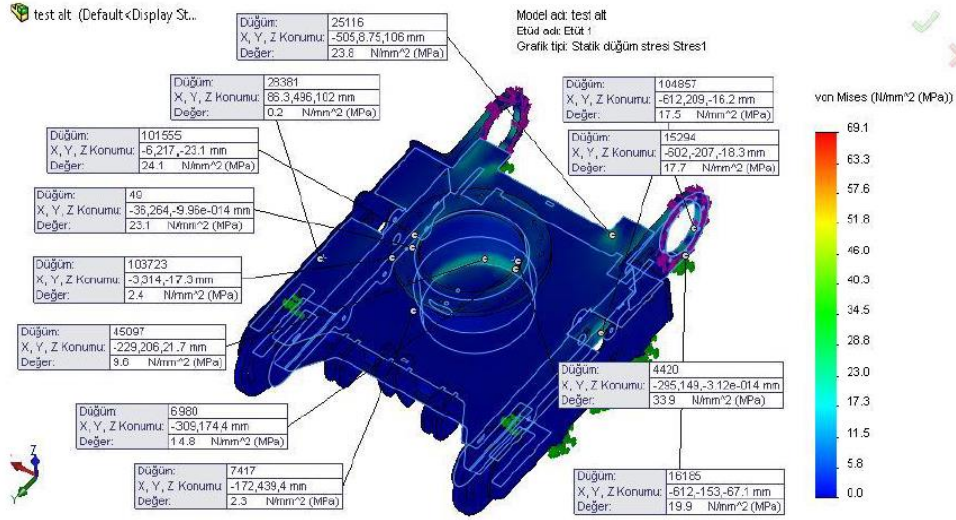
Alt şaside kullanılan tüm parçaların kapasite ve boyutlarını belirledikten sonra son olarak bu parçaların birbiri ile uyum içerisinde ve gerekli mukavemette çalışabilmesi için gereken alt şasi sac plaka tasarımı gerçekleştirilmiştir. Alt şaside sac, yatak ve mil malzemesi metal sanayisinde kolaylıkla ulaşılabilen St-37 ıslah çeliği kullanılmıştır. Sonlu elemanlar gerilme analizi öncesinde tüm sac malzemeleri analiz programının malzeme kütüphanesinden St-37 ıslah çeliği, tüm yatak ve mil malzemeleri 4140 ıslah çeliği olarak atanmıştır. Malzeme atamaları tamamlanan tüm parçalardan sonra alt şasinin ağırlığı program tarafından 360 kg. olarak, ağırlık merkezi de göbek dişli merkezinden 11.72 mm. uzaklıkta hesaplanmıştır. Alt şasi analiz işleminden önce şasiye montajlı bulunan ve analiz sonuçlarını etkilemeyen parçalar çıkartılarak model sadeleştirilerek daha sağlıklı sonuçlar almak için alt şasi analize hazırlanmıştır (Şekil 2). Şekil 2’de şasinin gerilmelere maruz kalacağı yerler gösterilmiştir. Gerilmelere maruz kalan yerler, paletin bağlandığı uçtaki iki delik ve gövdenin döndüğü üst şasi bağlantı plakasıdır.

Şekil 2. Analiz öncesi montaj resminden alt şasinin sadeleştirilmesi ve maruz kalacağı kuvvetler



Malzeme üzerine uygulanan zorlamaların şasi üzerinde oluşturacağı deformasyonların doğruluğu analiz işleminden önce oluşturulan ve şasinin taklit edilmiş bir modeli olan mesh işlemi ile sağlanmıştır. Modeli oluşturan mesh eleman boyutu ve sayısı, düğüm noktası ve mesh kalitesi analizden gerçeğe en yakın sonucu alınmasını sağlar. Analize geçmeden önce mesh boyutunu seçerek alt şasinin geometrik ve davranış olarak doğru taklit ettiğimizden emin olmak için sonlu elemanlar yakınsama kavramı ile doğru mesh boyutu seçilmiştir. Uygulanan mesh sonrasında ortaya çıkan gerilme değerlerinden giderek kademeli olarak mesh boyutu küçültülmüş ve yakınsama kavramı ile alt şasi için doğru mesh boyutu 40 mm olarak belirlenmiştir. Mini ekskavatörde kullanılan St 37 sac plakaların akma gerilmesi 235 N/mm^2 olarak alınmıştır. Sonlu elemanlar analizi uygulanacak parçaların geometrik ve davranış olarak doğru taklit edilebilmesi adına uygulanan yakınsama kavramında, mesh boyutunun doğruluğu irdelendiği için malzemede meydana gelen gerilmeler ilk etapta dikkate alınmamıştır. Ancak malzemenin 40 mm mesh boyutu ile geometriyi doğru taklit edebildiğinin belirlenmesi ile gerçek yüklemeler ile alt şasi sonlu elemanlar analizine tabi tutulmuştur. İlk olarak alt şasiye 5000N'luk üst şasi yükü uygulanmış, bu yük karşısında malzemede meydana gelen maksimum gerilmeler $46,4 \text{ N/mm}^2$ çıkarak alt şasi minimum 7,5 kat emniyetli çıkmıştır. Ayrıca alt şasi üzerinde çeşitli noktalardan alınan gerilme değerleri kullanılan malzeme (St 37) akma gerilmesinden oldukça küçüktür (Şekil 3).

Şekil 3. Alt şasi üzerinde bazı noktadaki gerilme değerleri



Şekil 4. Yük altında alt şasideki yer değişimleri

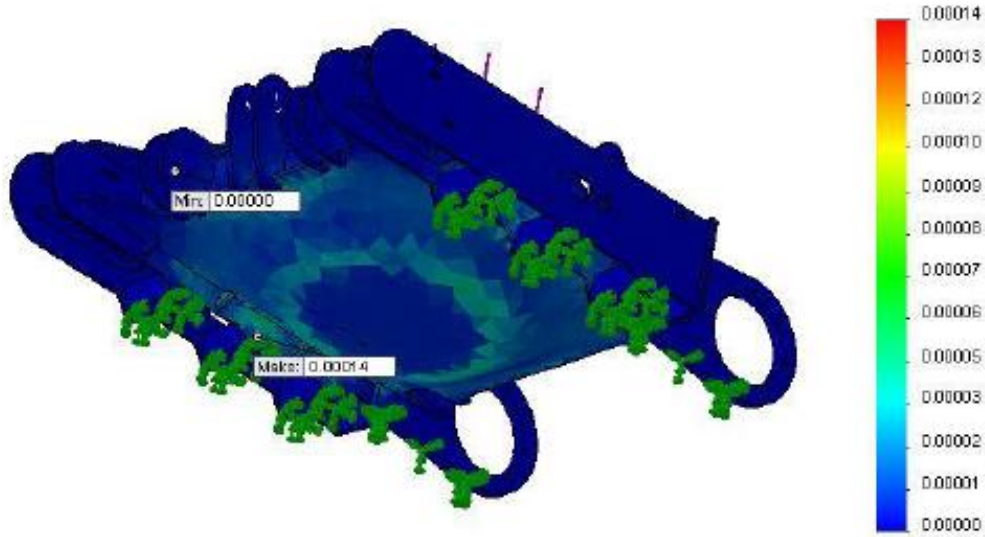


Şekil 4’de yük altında şasideki yer değişimleri gösterilmiştir. Birim şekil değişimi için aşağıda verilen formül kullanılır.

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L_0} \quad (1)$$

Denklem 1’de δ , numune uzunluğundaki değişim ve L_0 ise başlangıç uzunluğudur. Burada, ölçüm noktaları arasında birim şekil değiştirmenin sabit olduğu kabul edilmektedir. Bu duruma göre alt şasideki maksimum ve minimum birim şekil değişimi Şekil 5’de gösterilmiştir.

Şekil 5. Yük altında alt şasideki maksimum ve minimum birim şekil değişimi değerleri



Yapılan analiz sonucunda da Şekil 5’de görüldüğü gibi alt şasiye uygun mesh değerinin belirlenmesi ve makinenin maruz kalacağı gerçek kuvvetlerin uygulanması sonrasında alt şaside maksimum gerilme $46,4 \text{ N/mm}^2$, minimum emniyet katsayısı 7,5 ve maksimum yer değiştirme 0,199 mm, maksimum birim şekil değişimi $14/100000$ çıkarak alt şasinin üst şasi ağırlığından kaynaklı zorlamalara yeterince mukavemetli olduğu görülmüştür.

3. YORULMA ANALİZİ

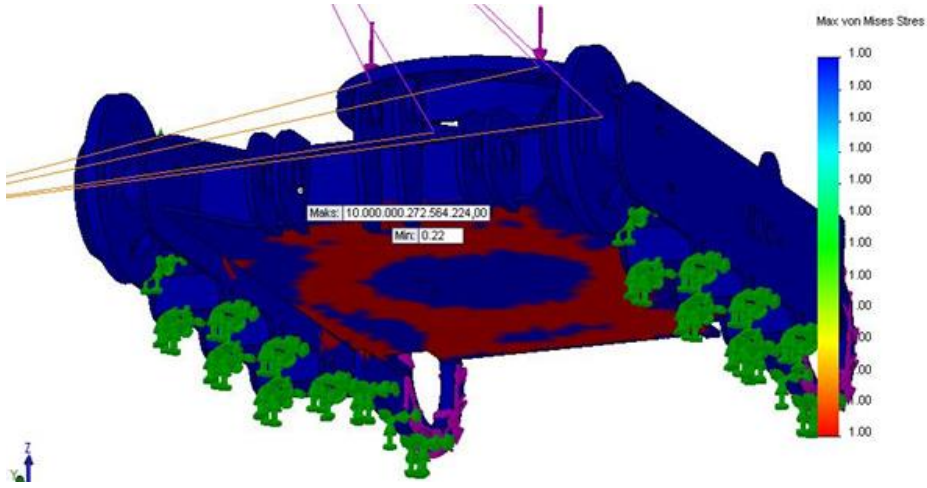
Alt şasiye üst şasi ağırlığından kaynaklı 300.000 devir tekrarlı yük uygulanmış tüm parçaların minimum 1.000.000 devre kadar yorulma analizine dayanıklı olduğu

görülmüştür. Ayrıca alt şasi üzerinde 1.000.000 devirde malzeme yorulmasından kaynaklı %100 deformasyona uğrayacak parça bulunmadığı tespit edilmiştir. Yorulma testlerinin değerlendirilmesinde önemli kriterlerden birisi zarar kriteridir. Zarar; tasarımda hesaplanan bir ömrün, analiz sonucunda bulunan ömre bölünmesi sonucunda bulunmaktadır.

$$Zarar = \frac{Tasarım\ ömrü}{Ömür\ analizi} \quad (2)$$

Bu oran azaldıkça yorulma ömrünün iyileştiği görülmektedir. Bu oranın yüksek olduğu bölgelerde tasarımda mutlaka bir optimizasyon yapılmalıdır. Zarar sonuçları incelendiğinde parçanın genelinde hasar oranının düşük olduğu, kuvvet uygulanan bölgelerde bir artış olduğu görülmektedir. Alt şasiye uygun mesh değeri belirlendikten sonra sonlu elemanlar analizi ile alt şasiye maruz kalacağı tüm zorlamalar uygulanmış ancak Şekil 6’da görüldüğü gibi emniyet katsayısı minimum 0,22 çikarak alt şasi sac plakalarında revizyon yapma gerekliliği görülmüştür.

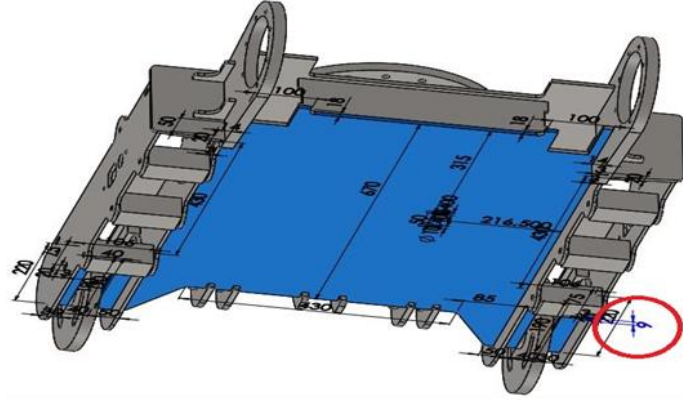
Şekil 6. Deformasyona uğrayan bölgelerin belirlenmesi



Yapılan analiz sonucunda şasi üzerinde çeşitli noktalardan alınan ölçümlerde kırmızı renk ile gösterilen bölgelerde emniyet katsayısı 1 değerinin altında olduğundan malzemenin zayıf kaldığı belirlenmiştir. Analiz sonucunda alt şasi alt plakada

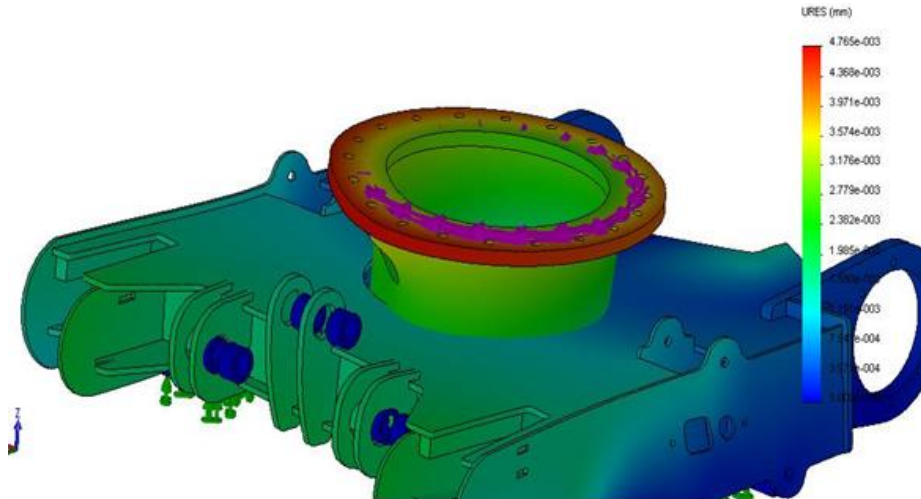
meydana gelen deformasyonlardan dolayı sac kalınlığı 6 mm'den 8 mm'ye çıkarılmıştır (Şekil 7). Ayrıca yan sac birleşim yerlerine destek plakaları ilave edilmiştir.

Şekil 7. Sac plaka kalınlık revizyonları



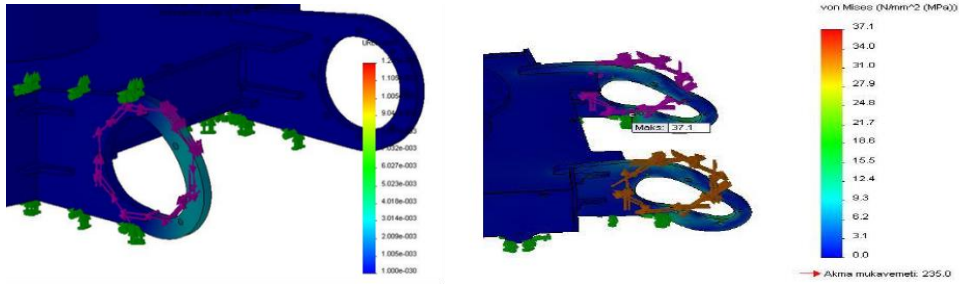
Alt şasi üzerinde analiz sonucunda belirlenen zayıf noktalara gerekli revizyonlar yapılarak tekrar test yapıldığında parçada maksimum yer değişimi 6,1 mm olduğu gözlemlenmiştir. Revize edilen alt şasi sac plaka kalınlıkları ve takviye malzemelerinden sonra uygulanan zorlamalar sonucunda alt şasi emniyet katsayısı 3,4 olarak bulunmuştur.

Şekil 8. Tork analizi (Kule dönüş plakası)



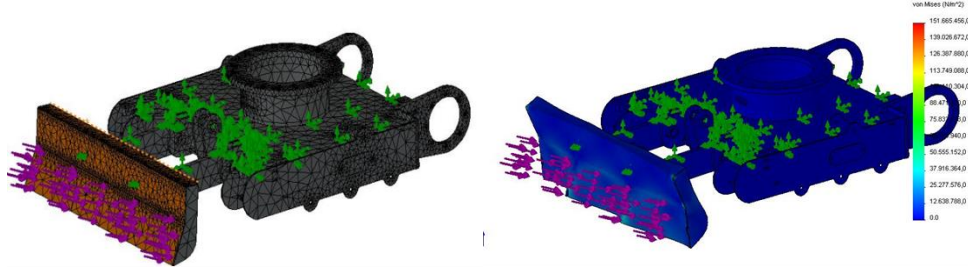
Şekil 8’de alt şasi tasarımında, göbek dişli hidrolik motoru tork değerinden yola çıkılarak tasarım dönmeye zorlanmış ve tasarımın yaklaşık 4,5 kat emniyetli olduğu, 4,76 mm yer değiştirdiği görülmüştür. Alt şasiye maruz kalacağı tüm yükler uygulandığında, malzemede maksimum gerilme $69,1 \text{ N/mm}^2$, minimum emniyet katsayısı 3,4 ve maksimum yer değişimi 0.61mm, maksimum birim şekil değişimi $18/100.000$ çıkarak, mini ekskavatörün alt şasisinin maruz kalacağı zorlamalara yeterince mukavemetli olduğu görülmüştür. Ayrıca; alt şasiye maruz kalacağı tüm yükler 300.000 devir tekrarlı olarak uygulandığında alt şasi malzemesinin minimum 838.875 devir tekrarlı yük yorulma analizine dayanıklı olduğu görülmüştür. Alt şasi kule dönüş bağlantı plakasına göbek dişli hidrolik motoru tork değerinden yola çıkarak 300.000 devir tekrarlı yük uygulandığında malzemelerin minimum 1.000.000 devir yorulma analizine dayanıklı olduğu görülmüştür. Kule dönüş bağlantı plakasına uygulanan 1.000.000 devir tekrarlı yüklemeye neticesinde malzeme üzerinde %100 deformasyona uğrayacak bir parça bulunmadığı tespit edilmiştir. Yürüyüş motorunun bağlandığı yatak sacına uygulanan tork kuvveti neticesinde yürüyüş motor yatak sacında maksimum $37,1 \text{ N/mm}^2$ gerilme olduğu, yatak sacının yaklaşık 1,2 mm yer değiştirdiği ve minimum 6,84 emniyetli çıktığı hesaplanmıştır (Şekil 9).

Şekil 9. Yürüyüş motoru tork ve bağlantı sacı yer değişimleri

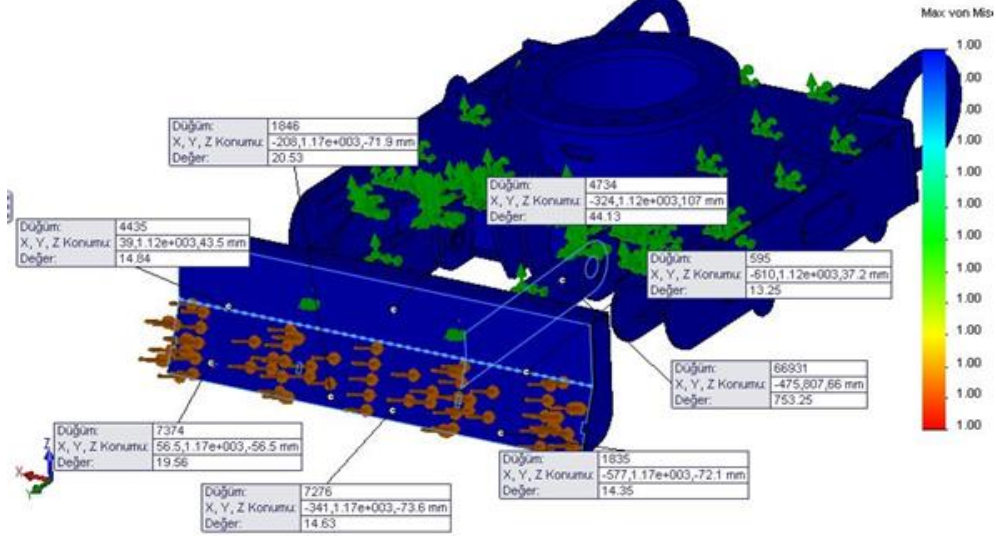


Mini ekskavatörün kazı sırasında destek görevi gören aynı zamanda küreme görevi de görecek olan dozer bıçağına maruz kalacağı kuvvetler uygulanarak analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 10).

Şekil 10. Dozer bıçağı mesh ve kuvvet uygulaması



Şekil 11. Alt şasi parçaları emniyet katsayı değerleri



Analiz programında yapılan sonlu elemanlar analizi neticesinde alt şasiye çalışma şartlarında maruz kalacağı kuvvetler uygulanarak parçaların zorlamalar karşısındaki davranışları gözlemlenmiştir. Alt şasi üzerinde 1 emniyet katsayısı altında çıkan bölgelerde revize çalışmalar yapılarak alt şasinin analiz işlemleri tamamlanarak imalata hazır hale getirilmiştir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında 1000-1500 Kg. ağırlığında, 10-12 Hp motor gücünde ve 175 Bar basınçlı mini ekskavatörün tasarımına yer verilmiş ve alt şasi için tasarım

analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma; mini ekskavatörün boyutlandırılmasının yapılarak bilgisayar ortamında üç boyutlu olarak çizilmesi, tasarım ortamında montajının yapılması ve alt şasi analiz işlemlerinin gerçekleştirilmesi olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır. Çalışmadan elde edilen sonuçları şu şekilde sıralamak mümkündür;

- Alt şasiye 5000N'luk üst şasi yükü uygulanmış, bu yük karşısında malzeme meydana gelen maksimum gerilme $46,4 \text{ N/mm}^2$ çıkmıştır. Ayrıca alt şasi üzerinde çeşitli noktalardan alınan gerilme değerleri kullanılan malzemenin (St 37) akma gerilmesinden oldukça küçüktür

- Yapılan analiz de alt şaside maksimum gerilme $46,4 \text{ N/mm}^2$, minimum emniyet katsayısı 7,5 ve maksimum yer değiştirme 0,199 mm, maksimum birim şekil değişimi 14/100000 çıkararak alt şasinin üst şasi ağırlığından kaynaklı zorlamalara yeterince mukavemetli olduğu görülmüştür (PATEL ve PRAJAPATI, 2012:163).

- Alt şasiye üst şasi ağırlığından kaynaklı 300.000 devir tekrarlı yük uygulanmış tüm parçaların minimum 1.000.000 devre kadar yorulma analizine dayanıklı olduğu görülmüştür.

- Alt şasi üzerinde çeşitli noktalardan alınan ölçümlerde bazı bölgelerde emniyet katsayısı 1 değerinin altında olduğundan malzemenin zayıf kaldığı belirlenmiştir. Analiz sonucunda alt şasinin alt plakasında meydana gelen deformasyonlardan dolayı sac kalınlığı 6 mm'den 8 mm'ye çıkarılmıştır. Ayrıca yan sac birleşim yerlerine destek plakaları ilave edilmiştir.

- Analiz sonucunda belirlenen zayıf noktalara gerekli revizyonlar yapılarak tekrar test yapıldığında parçada maksimum yer değişimi 6,1 mm olduğu gözlemlenmiştir. Revize edilen alt şasi sac plaka kalınlıkları ve takviye malzemelerinden sonra uygulanan zorlamalar sonucunda alt şasi emniyet katsayısı 3,4 olarak bulunmuştur.

- Alt şasi tasarımında, göbek dişli hidrolik motoru tork değerinden yola çıkılarak tasarım dönmeye zorlanmış ve tasarımın yaklaşık 4,5 kat emniyetli olduğu, 4,76 mm yer değiştirdiği görülmüştür.

- Alt şasiye maruz kalacağı tüm yükler uygulandığında, malzeme maksimum gerilme $69,1 \text{ N/mm}^2$, minimum emniyet katsayısı 3,4 ve maksimum yer değişimi 0.61mm, maksimum birim şekil değişimi 18/100.000 çıkararak, alt şasinin maruz kalacağı zorlamalara yeterince mukavemetli olduğu görülmüştür.

- Kule dönüş bağlantı plakasına göbek dişli hidrolik motoru tork değerinden yola çıkarak 300.000 devir tekrarlı yük uygulandığında malzemelerin minimum 1.000.000 devir yorulma analizine dayanıklı olduğu görülmüştür.

- Yürüyüş motorunun bağlandığı yatak sacına uygulanan tork kuvveti neticesinde yürüyüş motor yatak sacında maksimum 37,1 N/mm² gerilme olduğu, yatak sacının yaklaşık 1,2 mm yer değiştirdiği ve minimum 6,84 emniyetli çıktığı hesaplanmıştır.

Sonraki aşamada, TÜBİTAK destekli bu projenin tasarımı ve analizleri gerçekleştirildikten sonra Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi'nde yerli imkânlarla üretilmiştir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK 1005 ulusal yeni fikirler ve ürünler araştırma destek programıyla desteklenmiştir. Yazarlar desteğinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür eder. (Proje no: 215M926).

6. KAYNAKÇA

- BUDNY, E., CHLOSTA, M. and GUTKOWSKI, W., Load-independent control of a hydraulic excavator, *Automation in Construction*, 2003 (12): 245-254, 2003.
- CHANG, P. H. and LEE, S-J., A straight-line motion tracking control of hydraulic excavator system. *Mechatronics*, 2002 (122): 119-138.
- DING, R., XU, B., ZHANG, J., CHENG, M., Self-tuning pressure-feedback control by pole placement for vibration reduction of excavator with independent metering fluid power system, *Mechanical Systems and Signal Processing*, 2017 (92): 86-106.
- EDWARDS, D.J., HOLT, G.D. and HARRIS, F.C. (1998) *Maintenance management of heavy duty plant and equipment*, Chandos Publishing, Oxford.
- EDWARDS, D.J. and HOLT G.D., Case study analysis of risk from using excavators as 'cranes', *Automation in Construction*, 2010 (19): 127-133, 2010.
- LIN T., WANG, Q., HU, B. and GONG, W., Research on the energy regeneration systems for hybrid hydraulic excavators, *Automation in Construction*, 2010 (19): 1016-1026.
- ORLEMANN E.C., (2003) *Power shovels: The world's mightiest mining and construction excavators*, Motor Books International, 101-102

- OUYANG, H., A hybrid control approach for pole assignment to second-order asymmetric systems, *Mech. Syst. Sig. Process.* 2011 25 (1): 123–132.
- PATEL, B. P. and PRAJAPATI, J.M., Soil-tool interaction as a review for digging operation of mini hydraulic excavator, *International Journal of Engineering Science and Technology*, 3(2), 894-901, 2011.
- PATEL B. and PRAJAPATI J.M., Static analysis of mini hydraulic backhoe excavator attachment using FEA approach, *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 2012 1(3): 163-175.
- PATEL, B.P. and PRAJAPATI, J.M., Evaluation of bucket capacity, digging force calculation and force analysis of mini hydraulic backhoe excavator, *Machine Design*, 2012 4(1): 59-66.
- SALCUDEAN, S.E., TAFAZOLİ S., LAWRENCE P.D. and CHAU I., Impedance control of a tele operated mini excavator, *Advanced Robotics ICAR '97 Proceedings 8th International Conference*, Monterey, California, U.S.A., 1997: 19-25.
- SARI, H. ve ERCAN, Y., Ekskavatörlerin hidrolik tasarımlarına esas olacak temel parametrelerin belirlenmesi ve teknik ve ekonomik yönden optimum hidrolik elemanların seçimi, 4. Ulusal Hidrolik-Pnömatik Kongresi, 2005: 337-352.
- SMOCZEK, J. Fuzzy crane control with sensorless payload deflection feedback for vibration reduction, *Mech. Syst. Sig. Process.* 2014 46 (1): 70–81.
- SOLAZZI, L., Design of aluminum boom and arm for an excavator, *Journal of Terramechanics*, 2010 (47): 201-207.
- TAFAZOLI, S., LAWRENCE, P.D., SALCUDEAN, S.E., CHAN, D., BACHMANN, S. and DE SILVA, C.W. Parameter estimation and actuator friction analysis for mini excavator, *Proceedings of the 1996 IEEE International Conference on Robotic and Automation*, Minneapolis, Minnesota, April, 1996: 329-334.
- WANG, D., GUAN, C., PAN, S. ZHANG, M. and LIN, X., Performance analysis of hydraulic excavator powertrain hybridization, *Automation in Construction*, 2009 18(3): 249-257.

C- BİTKİSEL ÜRETİM

AŞILI SEBZE ÜRETİMİNDE SULAMA VE PATLICAN YETİŞTİRİCİLİĞİ

Doç. Dr. Harun KAMAN

Akdeniz Üniversitesi

Doç. Dr. Halil DEMİR

Akdeniz Üniversitesi

Özet: Sebzeçilikte aşılama, toprak kökenli hastalıklarla mücadele, düşük sıcaklıklara tolerans, tuzluluk ve aşırı nem gibi bitkide stres ortamı oluşturabilecek toprak koşullarına karşı tolerans, su ve besin maddelerinin alımını kolaylaştırmak, güçlü bitki yapısı, erkencilik ve verim artışı sağlama gibi özellikler için kullanılmaktadır. Öte yandan, bitkisel üretim için en temel uygulamaların başında yer alan iyi kaliteye sahip su, günümüzün en kıt doğal kaynaklarının başında gelmektedir. Bu nedenlerle farklı miktarlara sahip sulama sularına, aşılı fide uygulaması yapılmış sebze üretiminin tepkileri çok önemlidir. Ülkemiz ve dünya nüfusunun artan ihtiyacının karşılanması için birim alandan daha fazla verim alma teknikleri son yılların en önemli konuları arasındadır. Sebze yetiştiriciliğinde verim değerini artırmada diğer etkenlerin yanısıra aşılı fide uygulaması yeni konulardandır. Aşılı sebze fidesinin ise farklı düzeylerdeki kısıntılı sulama programlarına vereceği tepkiler de son derece önemli bir duruma gelmektedir. Çünkü, su günümüzün en kıt doğal kaynaklarının başında gelmektedir. Küresel iklim değişikliği nedeniyle bu kıt kaynaklar üzerindeki baskı giderek artarken su kaynaklarının kalitesi de giderek düşmektedir. Bu bağlamda ele alınan bu makalede, aşılı/aşısız bitkilerde sulama uygulamaları ve su-verim ilişkileri ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kısıntılı sulama, sebze, yetiştiricilik, su-verim ilişkisi.

Irrigation in Grafted Vegetables and Eggplant Cultivation

Abstract: Grafting in vegetable production is used for some purposes such as fighting against soil-related diseases, increasing tolerance to soil conditions that can create plant stress conditions such as tolerance to salinity, high humidity and excessive humidity, facilitating the intake of water and nutrients, strong plant structure, earliness and yield increase. On the other hand, water

quality which is one of the most basic applications for vegetable production is one of today's scarcest natural resources. For these reasons, examining the reaction of the grafted seedlings under different irrigation practices is very important. In order to meet the increasing need of countries and the world population, the techniques used to obtain more efficiency in a unit area are among the most important issues of recent years. In addition to the other factors in increasing the yield value of vegetable cultivation, a grafted seedling application is a new issue. The reactions of the grafted vegetable seedlings to the different irrigation programs at different deficit levels are also very important because water is one of the scarcest natural resources in today's world. While the pressure on these scarce resources is increasing due to the global climate change, the quality of water resources is also decreasing accordingly. In this article, irrigation practices and water-yield relationships in grafted/non-grafted plants are discussed.

Keywords: Deficit irrigation, vegetables, cultivation, water-yield relationship.

1. GİRİŞ

Ülkemizde sebzelerde aşılama konusu 1980'li yılların sonlarında bir ders konusu olarak başlamış ve giderek yoğunlaşmıştır. İlk aşılama Ankara Üniversitesi'nde domates bitkisi üzerine patlıcan aşılması şeklinde yapılmış ve aşılamanın verim ve kalite üzerine etkisi araştırılmıştır (Vuruşkan 1989).

Son yıllarda ise ülkemizde kullanılan teknolojilerin gelişmesiyle beraber aşılı sebze fidesi üretimi yaygınlaşmış durumdadır. Bu bağlamda Türkiye'de üretilen fide miktarı 3.2 milyar adede ulaşırken 120 milyon adet aşılı fide üretimi gerçekleşmiştir. Karpuz %50 (55 milyon) aşılama oranı ile toplam aşılı fide üretiminde ilk sırada yer almaktadır. Bunu domates %32 (35milyon) patlıcan %9 (10 milyon) ve hıyar %8 (6.8milyon) izlemektedir (Yelboğa 2014). Bunların yanında, 2014 yılında Antalya bölgesinde üretilen 118 milyon adet aşılı fidenin 46 500'ü aşılı biber fidesidir (Anonim 2017).

2. SEBZE FİDESİ ÜRETİMİ

Son yıllarda sebze fidesi üretimi ülkemizin önemli sektörlerinden birisi olmuştur ve hızla gelişmektedir. Örtüaltı ve özellikle sera alanlarında üretim materyali olarak %100 fide kullanılmakta, açık alanda yapılan üretimlerde de sebze fidesi kullanımını hızla yaygınlaşmaktadır. Türkiye'de fide üretimi 2015 yılı verilerine göre 3.2 milyar adet'e ulaşmış durumdadır. Hazır fide üretimini gerçekleştiren firmaların %90'ı Akdeniz Bölgesi'nde bulunmaktadır (Anonim 2017).

Sebze üretiminde fide kullanımı, yetiştiriciliğin daha düzenli yapılarak verim ve kalite, bitkide oluşabilecek çeşitli stres koşulları, hastalık ve zararlılar gibi faktörlere karşı değişik avantajlar sağlamaktadır. Özellikle bitkilerde sıkça karşılaştığımız biyotik ve abiyotik stres koşullarına dayanıklılığı artırmada aşılı fide kullanımı git-tikçe önemli hale gelmektedir (Karaağaç 2013; Yıldız vd. 2013).

3. AŞILI SEBZE FİDESİ

Aşılama; iki bitki parçasını birleştirip kaynaştırarak tek bitki halinde büyüme-sini sağlama işlemidir (Ağaoğlu vd. 1995). Sebzelerde ilk aşılama işlemi 20. Yüzyılın ilk çeyreğinde Japonya ve Kore’de başlamıştır ve karpuzun (*Citrullus lanatus*) su ka-bağı (*Lagenaria siceraria*) üzerine aşılınması ile *Fusarium oxysporum*’a karşı ger-çekleştirilmiştir (Lee 1994).

Aşılama yöntemi, yıllar boyunca yetiştiriciliği yapılan bitkilerin abiyotik ve biyotik stres koşullarına karşı canlılığını ve direncini artırmak için kullanılmıştır. Sebze de aşılamanın başlıca nedeni belirli toprak kökenli hastalık ve zararlılara karşı hassas çeşitlerin kullanımına olanak sağlamak, strese karşı adaptasyonu artırmak ve aynı zamanda kimyasalların kullanımını azaltmaktır (Leonardi ve Romano 2004).

4. AŞILI SEBZE İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Geboloğlu vd. (2011) yapmış oldukları çalışmada; Snooker F1, Dro F1, NGS ve NGC anaçları üzerine Wonder ve Kandil biber çeşitlerini kullanarak, anaçların *Fusarium* ve *Verticillium solgunluğu*, *Meloidogyne incognita*'ya karşı dayanım özel-likleri ile verime olan etkisini araştırmışlardır. Elde edilen bulgulara göre enfekte olmuş parsellerdeki anaçlar sayesinde toplam verim önemli ölçüde artırılmış bunun yanısıra enfekte olmayan parsellerdeki kontrol bitkilerinden daha yüksek verim elde edilmiştir.

Foster vd. (2013) bir patlıcan çeşidi (Classic), iki patlıcan hattı (EG195, EG203), bir biber hattı (CM334) ve 3 biber çeşidinde (Paladin, Camelot, ve Red Knight) 14 *P. capsici* (12889, 13351, 13352, 13353, 13354, 13355, 13356, 13357, 13358, 13359, 13360, SP98, SFF3OP97) izolatına karşı kök çürüklüğü dayanımını belirlemek amacıyla sera denemeleri yapmışlardır. Çalışma 2 farklı deney şeklinde yürütülmüş, ilk deney, 4 adet *P. capsici* izolatı (OP97, SP98, SFF3 ve 12889), bir biber, iki patlıcan hattı ve üç biber çeşidinin 8 bitkisi üzerinde yapılırken, ikinci de-neyde ise 11 *capsici* izolatına karşı (12889, 13351 ve 13360) her bir biberden 8 bitki, bir patlıcan çeşidi ve 2 patlıcan hattı kullanılmıştır. Hem patlıcan hem de biber hat-larının denemelerde test edilen en şiddetli izolatlara orta dereceli direnç gösterdiği

belirtilmektedir. İlk deneyin sonucunda kısmen dirençli olan Paladin biber çeşidi, CM334 ve patlıcan hatlarına kıyasla daha fazla hassasiyet oluşturmuş ancak yine de çoğu izolata karşı dayanım göstermiştir. İkinci deneyde ise patlıcan çeşidi (Classic) ile hassas olan biber çeşidi Red Knight, test edilen izolatlara karşı hassasiyet gösterirken, EG203 ve EG195 ise çoğu izolata karşı dirençli bulunmuştur. İki patlıcan melezleme hattı, EG195 ve EG203, her iki deneyde de test edilen tüm izolatlara karşı orta dereceli direnç göstermişlerdir.

Dolmalık biberde anaç kullanımının antioksidan aktivitesi, C vitamini içeriği, toplam fenol, likopen ve β -karoten içeriği üzerine etkilerini araştıran Chavez-Mendoza vd. (2013), Fascinato ve Jeanette çeşitlerini kalem, Terrano çeşidini ise anaç olarak kullanmışlardır. Elde edilen verilere göre aşılı ve aşısız olanlarda çeşitlere göre örnekleme tarihleri arasındaki içerikler istatistiksel farklılıklar gösterirken, aşılama ortalama olarak β -karoten ve vitamin C konsantrasyonlarını artırıp antioksidan kapasitesini geliştirmiş, ancak toplam fenol veya likopen içeriği üzerinde herhangi bir etkisi görülmemiştir. Her iki çeşit biberde de anaç olan Terrano'nun besin içeriği kalitesini artırdığı saptanmıştır.

Çürük vd. (2009) tarafından *Verticillium dahliae* ve *Meloidogyne incognita*'ya bulaşık topraklarda Faselis F1 ve açıkta tozlanan Pala çeşitlerinin *S.torvum* üzerine aşılansarak patlıcanın bitki büyümesi, verim ve kalite özellikleri değerlendirilmiş, bulaşık olmayan topraklarda yapılan gözlemlerde ortalama meyve ağırlığı değerleri aşılı bitkilerde aşısız oranla daha fazla olmuştur. Faselis F1 çeşidi, Pala çeşidine göre daha zayıf bitki yapısına sahip olmasına rağmen aşılı ve aşısız uygulamalarda daha verimli bulunmuştur. Ayrıca aşılama uygulaması her iki çeşitte de toplam ve erkenci verim bakımından aşısız oranla daha başarılı olmuştur. Sonuç olarak güçlü anaç-zayıf çeşit kombinasyonunun, güçlü anaç-güçlü çeşit kombinasyonundan daha iyi sonuçlar verebileceği belirtilmiştir.

5. SONUÇ

Sebze üretiminde fide kullanımı yetiştiriciliğin daha düzenli bir şekilde yapılmasını, verim ve kalitenin artmasını, bitkide oluşabilecek çeşitli stres koşullarıyla hastalık ve zararlılar gibi faktörlere karşı değişik avantajlar sağlamaktadır. Sebzeçilikte aşılama, toprak kökenli hastalıklarla mücadele, düşük sıcaklıklara tolerans, tuzluluk ve aşırı nem gibi bitkide stres ortamı oluşturabilecek toprak koşullarına karşı tolerans, su ve besin maddelerinin alımını kolaylaştırmak, güçlü bitki yapısı, erkencilik ve verim artışı sağlama gibi özellikler için kullanılmaktadır.

6. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FBA-2018-3218.

7. KAYNAKLAR

- AĞAOĞLU, Y., ÇELİK, H., ÇELİK, M., FİDAN, Y., GÜLŞEN, Y., GÜNAY, A., HALLORAN, N., KÖKSAL, İ. ve YANMAZ, R. (1995). “Genel bahçe bitkileri”, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 4, 369 s.
- ANONİM, (2017). <http://www.fidebirlik.org.tr>, [Son erişim tarihi: 01.02.2017].
- CHAVEZ-MENDOZA, C., SÁNCHEZ, E., CARVAJAL-MÍLLAN, E., MUÑOZ-MÁRQUEZ, E. ve GUEVARA-AGUÍLAR, A. (2013). “Characterization of the nutraceutical quality and antioxidant activity in bell pepper in response to grafting”, *Molecules* 2013, 18, 15689-15703.
- ÇÜRÜK, S., DASGAN-YILDIZ, H., MANSUROĞLU, S., KURT, Ş., MAZMANOĞLU, M., ANTAKLI, Ö. ve TARLA, G. (2009). “Grafted eggplant yield, quality and growth in infested soil with *Verticillium dahliae* and *Meloidogyne incognita*”, *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.44, n.12, p.1673-1681, 2009.
- FOSTER, M., NAEGELE, R.P. ve HAUSBECK, M.K. (2013). “Evaluation of eggplant rootstocks and pepper varieties for potential resistance to isolates of *Phytophthora capsici* from Michigan and New York”, *Plant Disease/Vol. 97* No: 8, 1037-1041.
- GEBOLOĞLU, N., YANAR, Y., YANAR, D., AKYAZI, F. ve ÇAKMAK, P. (2011). “Role of different rootstocks on yield and resistance for *Fusarium oxysporium*, *Verticillium dahliae* and *Meloidogyne incognita* in grafted peppers”, *Europ.J. Hort.Science*, 76 (2): 41-44.
- KARAAĞAÇ, O. (2013). “Karadeniz Bölgesi'nden Toplanan Kestane Kabağı (*C.maxima*) ve Bal Kabağı (*C. moschata*) Genotiplerinin Karpuz Anaçlık Potansiyellerinin Belirlenmesi”, (Doktora Tezi Yayınlanmamış). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- LEE, J.M. (1994). “Cultivation of grafted vegetables I. current status, grafting methods, and benefits”, *Hort Science*, 29(4): 235-239.

- LEONARDİ, C. ve ROMANO, D. (2004). “Recent issues on vegetable grafting”, *Acta Hort.* 631 s.
- VURUŞKAN, M.A. (1989). “Farklı aşı yöntemlerinin patlıcan/ domates aşı kombinasyonunda başarı ve verim üzerine etkileri”, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, Ankara. 77 s.
- YELBOĞA, K. (2014). Tarımın büyüyen gücü: Fide sektörü. *Bahçe Haber*, 3(2):13-16)
- YILDIZ, S., KARAAĞAÇ, O. ve BALKAYA, A. (2013). “Aşılı Sebze Fidesi Üretiminde Kullanılan Anaçların Organik Tarımda Değerlendirilmesi”, Türkiye V. Organik Tarım Sempozyumu, 25 -27 Eylül 2013, 1: 55-63.

BITKİSEL ÜRETİMDE SULAMANIN ÖNEMİ

Doç.Dr. Harun KAMAN
Akdeniz Üniversitesi

Özet: Yeryüzünde yaşamı en çok etkileyen sorunların başında küresel ısınma ve buna bağlı olarak iklim değişikliği gelmektedir. İklim değişikliği sonucu yağış rejiminde düzensizlikle birlikte kuraklık ortaya çıkmaktadır. Ülkemiz kurak ve yarı kurak iklim kuşağı içerisinde bulunması nedeniyle küresel ısınma sonucu meydana gelen kuraklıktan önemli ölçüde etkilenmektedir. Kuraklık, etkisini şiddetli bir biçimde göstermekte ve bunun sonucunda günümüzde önemli boyutlarda tarımsal kuraklık yaşanmaktadır. Buna ilave olarak, suyun kullanımında daha çok sanayi ve kentsel kullanıma öncelik verilmesiyle tarım ayrılan su giderek azalmaktadır. Bunun sonucunda, bitkisel üretimde sulamanın önemi her geçen zamanda biraz daha artmasına karşılık, dünyanın birçok yerinde tarıma ayrılan su giderek azalmaktadır. Daha az su ile daha fazla verim almaya yönelik araştırmalar günümüzde son derece önemli bir hale gelmektedir. Diğer bir ifadeyle, sulama uygulamalarında suyun etkinliğini artırmak, giderek daha önemli bir hale gelmektedir. Tarımsal üretimde kuraklığa ve su kısıntısına karşı alınabilecek çözüm önerilerinden biri olarak kısıntılı sulama uygulaması üzerinde durulmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Sulama yönetimi, kısıntılı sulama, su-verim ilişkisi.

Importance of Irrigation in Plant Production

Abstract: Global warming and climate change are the main problems that affect life on earth. As a result of climate change, irregularity is observed in the precipitation regimes, which in time results in drought. Our country is significantly affected by drought caused by global warming as it is geographically located in an arid and semi-arid climate zone. Drought shows its effect violently and as a result, an important agricultural drought is experienced in the country. In addition, the use of water in agriculture has been gradually decreasing with the priority given to industrial and urban use. As a result, the importance of irrigation in vegetable production is increasing every passing day, but the water allocated to agriculture in many parts of the world is gradually decreasing. Today, researches to obtain more efficiency with less water are becoming extremely important. In other words, increasing the effectiveness of water in irrigation applications is becoming more important. One of the

solutions to drought and water shortage in agricultural production should be to focus on the application of deficit irrigation practices.

Keywords: Irrigation management, deficit irrigation, water-yield relationship.

1. GİRİŞ

Ülkemiz, kurak ve yarı kurak iklim kuşağı içerisinde bulunması nedeniyle küresel ısınma sonucu meydana gelen kuraklıktan önemli ölçüde etkilenmektedir. Kuraklık son yıllarda etkisini şiddetli bir biçimde göstermekte ve bunun sonucunda günümüzde önemli boyutlarda tarımsal kuraklık yaşanmaktadır. Kuraklık hidrolojik, meteorolojik, sosyoekonomik ve tarımsal olarak farklı şekillerde tanımlanabilir. Tarımsal açıdan kuraklık, bitkinin gereksinim duyduğu suyu toprakta bulamaması şeklinde ifade edilebilir. Buna ilave olarak suyun kullanımında daha çok sanayi ve kentsel kullanıma öncelik verilmesiyle tarım ayrılan su giderek azalmaktadır.

Su kıtlığının yaygın olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde, sulu tarıma ayrılan su miktarında kısıtlama bir zorunluluk haline gelmiştir. Dünyada su kaynaklarının değişmemesine rağmen, hızlı nüfus artışı ve sanayileşme tarıma ayrılan suyun azaltılması zorunluluğunu birlikte getirmiştir. Tarımda, birim alandan daha fazla verim alma ve sulama randımanlarının artırılmasıyla ilgili çalışmalar su tasarrufu ve dünya nüfusunun besin gereksiniminin karşılanması bakımından önemlidir.

Ülkemiz, 28.05 milyon ha tarım yapılabilen araziye sahip ve bunun 25.75 milyon ha'lık kısmı sulanabilir alandır. Ancak, yapılan etütlere göre mevcut sahip olduğumuz su potansiyeli ile teknik ve ekonomik açıdan sulanabilecek arazi miktarı 8.50 milyon ha olarak hesaplanmıştır (DSİ, 2018). Günümüzde sulanan alan miktarı yaklaşık 6 milyon ha'dır. Bu durumda hem tarımda kullanılan su miktarını azaltmak hem de sulamaya açılan alanı arttırmak gerekmektedir. Bu amaçla, suyu randımanı yüksek bir şekilde verimli kullanarak su kaynaklarımızla daha fazla alanı sulamanın yollarını araştırmak durumundayız. Ülkemizde yaygın olarak tarım arazilerinin sulanmasında salma, tava ve karık gibi yüzey sulama yöntemleri kullanılmaktadır. Anılan yöntemlerde su iyi kontrol edilemeyerek yüzey akış, buharlaşma ve derine sızma ile kayıplar fazla olmaktadır. Su kayıplarının çok daha az olduğu ve sulama suyunun çok daha iyi kontrol edildiği basınçlı sulama yöntemleri yüzey sulama yöntemlerine tercih edilerek sulama suyunun randımanını arttırmak mümkündür.

2. KISINTILI SULAMA İLE SULAMA RANDIMANININ ARTIRILMASI

Geleneksel olarak uygulanan kısıntılı sulama ile sulama randımanı artırılabilir. Kısıntılı sulama uygulaması bitkilerin genel olarak su eksikliğine dirençli dönemlerinde yapılır. Kısıntılı sulama ile ilgili çok sayıda araştırmalar yürütülmüştür (ör., Kang vd., 2002; Kırdı vd., 2004, 2005, 2007; Kaman vd., 2006; Gençoğlu vd., 2006; Shahnazari vd., 2007). Tarımsal üretimde sınırlayıcı en önemli etkenlerin başında su geldiği için, sulama suyunun randımanını artırmak öncelikli konudur. Ayrıca sürdürülebilir tarım için su kaynaklarının en iyi şekilde kullanılması gerekmektedir. Son yıllarda su, hem stratejik bir öneme sahip olmuş hem de tarım için kıt bir kaynak haline gelmiştir.

Ülkemizin su zengini bir ülke olmadığı da dikkate alınarak küresel iklim değişikliğinin neden olacağı olumsuzluklarda etkilenmemek için su kaynaklarımız geliştirmek zorundayız. Tarımsal sulamada suyu daha akılcı ve verimli kullanmak zorundayız. Bunu için yağmurlama ve damla sulama gibi modern sulama yöntem ve tekniklerini kullanabiliriz.

Bu yüzden tarımda az su ile daha yüksek oranlarda üretim yapmak günümüzün en önemli konuları arasında yer almaktadır. Tarımsal üretimde kuraklığa ve su kısıntısına karşı alınabilecek çözüm önerilerinden biri olarak kısıntılı sulama uygulamaları üzerinde durulmalıdır. Kısıntı sulama uygulamaları ile sulama suyundan önemli oranlarda tasarruf sağlanmaktadır.

3. SONUÇ

Günümüzün önemli sorunlarından biri, kısıtlı doğal kaynaklarla artan nüfusun beslenme ve giyinme gereksiniminin karşılanmasındaki güçlüktür. Dünyada hızla artan nüfus ve buna paralel artış gösteren tarımsal ürün gereksinmesi, insanlığı birim alandan daha fazla verim alabilmek için arayışlara yöneltmiştir. Tarımsal üretim için tarım alanlarının artık artırılmayacağı gerçeği altında, üretimi artırabilmenin tek yolu mevcut kaynaklarla en yüksek düzeyde ürün elde etmektir. Tarımsal üretimin artırılmasında, diğer etkenlerin yanı sıra sulamanın payının çok büyük olduğu yadsınamaz.

Bitkilerin yetişme koşullarının iyileştirilmesiyle, bitkisel üretim artırılabilir. Toprak işlemenin zamanında yapılması, bitkiye besin sağlamak amacıyla gübreleme, drenaj sistemi ve bitki su gereksinmesinin tam ve zamanında karşılanmasıyla bitki yetişme ortamı iyileştirilebilir. Sulama zamanına, suyun gerektiği miktarda

uygulanmasına önem verilmeli ve ayrıca sulama suyunun uygulama biçimi de dikkate alınmalıdır.

Su kıtlığının yaygın olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde, sulu tarıma ayrılan su miktarında kısıtlama bir zorunluluk haline gelmiştir. Diğer taraftan sanayi ve evsel su kullanımındaki artışlar da sulu tarıma ayrılan su payının azaltılmasını gündeme getirecektir.

Sulamalarda genel uygulama, sulama zamanı belirlendikten sonra, kök bölgesi su içeriğinin tarla kapasitesine gelinceye dek ıslatılmasıdır. Kısıntılı sulamada temel amaç, mevsim içi sulamalarda optimum ürünü sağlamak koşuluyla, gerekenden daha az su uygulayarak, mevcut su kaynağı ile daha fazla tarım alanını sulayabilmektir.

4. KAYNAKÇALAR

- DSİ, “Toprak su kaynakları”, 2018, (<http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>).
- GENÇOĞLAN, C., ALTUNBEY, H. ve GENÇOĞLAN, S. (2006). “Response of green bean (*P. Vulgaris* L.) to subsurface drip irrigation and partial rootzone-drying irrigation”, *Agr. Water Manage.*, 84(3), 274-280.
- KANG, S., HU, X., GOODWIN, I. ve JERIE, P. (2002). “Soil water distribution, water use, and yield response to partial root zone drying under a shallow groundwater table condition in a pear orchard”, *Scientia Horticulturae*, 92, 277-291.
- KAMAN, H., KİRDA, C., CETİN, M. ve TOPCU, S. (2006). “Salt accumulation in the root zones of tomato and cotton irrigated with partial root-drying technique”, *Irrig. Drain.*, 55, 533-544.
- KİRDA, C., CETİN, M., DASGAN, Y., TOPCU, S., KAMAN, H., EKİCİ, B., DERİCİ, M. R. ve OZGUVEN, A.I. (2004). “Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation”, *Agr. Water Manage.*, 69, 191-201.
- KİRDA, C., TOPCU, S., KAMAN, H., ULGER, A. C., YAZICI, A., CETİN, M. ve DERİCİ, M.R. (2005). “Grain yield response and N-fertiliser recovery of maize under deficit irrigation”, *Field Crop Res.*, 93, 132-141.

KIRDA, C., TOPALOĞLU, F., TOPÇU, S. ve KAMAN, H. (2007). "Mandarin yield response to partial root drying and conventional deficit irrigation", Turk J. Agric. For., 31, 1-10.

SHAHAZARI, A., LIU, F., ANDERSEN, M. N., JACOBSEN, S-E. ve JENSEN, C.R. (2007). "Effects of partial root-zone drying on yield, tuber size and water use efficiency in potato under field conditions", Field Crops Research, 100, 117-124.

FARKLI ORGANİK MADDE KAYNAKLARININ (YARASA VE ÇİFTLİK GÜBRESİ) TOPRAKLARIN İNFİLTRASYON HIZI VE AGREGAT STABİLİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Kevser KARAGÖZ SEZER

Ankara Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü

Özet

Türkiye’de kırsal bölgelerdeki doğal mağaralarda yüzyıllardır biriken yarasa gübresinin varlığı son yıllarda keşfedilmiştir. Bu çalışmada erozyon çalışmaları için de önemli olan toprak parametreleri agregat stabilitesi ve infiltrasyon üzerinde durulmuştur. Çalışmada; yarasa gübresinin organik madde içeriğinin toprakların infiltrasyon kapasiteleri ve agregat stabilitesi üzerine etkisi ele alınmış geleneksel olarak bölgede kullanılan çiftlik gübresinin eşdeğer dozları ile karşılaştırılmıştır. Her iki organik materyal, ağırlık esasına göre artan dozlarda 0 (kontrol denemesi), 500, 1000, 1500 ve 2000 kg/da olmak üzere topraklara 5 doz uygulanmıştır. Araştırma 2011-2013 yılları arasında Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Toprak ve Su Kaynakları yerleşkesi (Erzurum) deneme alanında yürütülmüş elde edilen sonuçlar tam şansa bağlı bloklar deneme desenine göre LSD çoklu karşılaştırma testi ile anlamlandırılmıştır. Araştırmada yarasa gübresinin en yüksek uygulama dozunun (2000 kg/da) kontrol konusuna göre toprakların infiltrasyon ve agregat stabilitesini önemli düzeyde ($P<0,5$) arttırdığı tespit edilmiştir. Çalışmanın sonucunda yarasa gübresinin toprakların bazı fiziksel özelliklerini iyileştirmek amacıyla çiftlik ve diğer hayvan gübrelerinin kullanıldığı alanlarda kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: organik madde, yarasa gübresi, infiltrasyon, agregat stabilitesi, erozyon

The Effect of Different Organic Substance Resources (Bat goano and livestock manure) on Infiltration and Aggregate Stability of Soils

Abstract: Centuries of accumulated bat guano in natural caves in rural areas in Turkey have been used in recent years. In this study, soil parameters, which are important for erosion studies, have been emphasized aggregate stability and infiltration. Study; The effect of organic matter content of the bat

guano on the infiltration capacities and aggregate stability of soils was compared with the equivalent doses of farm manure used traditionally in the region. Both organic materials were administered 5 doses on soils with increasing doses of 0 (control), 500, 1000, 1500 and 2000 kg / da. The results of the research were carried out at the Eastern Anatolia Agricultural Research Institute Soil and Water Resources Campus (Erzurum) between the years 2011-2013 in accordance with “randomized complete block design”. In the study, it was determined that the highest application dose (2000 kg / da) of bat manure increased the soil infiltration and aggregate stability significantly ($P<0,5$). As a result of the study, it was concluded that bat guano can be used in areas where livestock and other animal manures are used to improve some physical properties of soils.

Keywords: organic matter, bat guano, infiltration, aggregate stability, erosion

1. GİRİŞ

Erozyon konusunda uzun yıllardır birçok çalışma yapılmış, metotlar geliştirilmiştir. Gelecekte arazi varlığının etkilenme durumları, derecesi ve etmenler arasındaki ilişkinin belirlenmesinde araştırmacılar tarafından erozyon yönetimini amaçlayan birçok sayısal ölçüm yöntemi ve duyarlılık indeksleri geliştirilmiştir (Dengiz ve Kanar 2015). Türkiye’de erozyon endişe verici boyutlara ulaşmıştır. Resmi verilere göre, toplam arazi varlığımızın %58,74’ünde şiddetli ve çok şiddetli erozyon görülürken sadece %13,86’sında erozyon sorunu görülmemektedir. Dünyada ve ülkemizde en yaygın erozyon çeşidi olan su erozyonu 57,17 milyon ha arazide, rüzgar erozyonu ise 506,309 ha arazide bozunma sebebidir. Tarımsal faaliyetlerin sürdürüldüğü 27,7 milyon ha arazi varlığında 16,4 milyon ha alan erozyon tehdidi altındadır (Saygın vd 2015). Erozyon Kontrolünde, şehirlerin etrafında yeşil alanlar ve şehir ormanları kurulması, hava ve gürültü kirliliğinin azaltılması, toz taşımının, sel ve taşkınların önlenmesi, su kaynaklarının muhafaza edilmesi gibi şehir planlama önlemlerinin yanında toprağın yerinde muhafazası, arazi yönetimi ve toprak verimliliğinin artırılması gibi tedbirler de önemlidir. Erozyonla mücadele yöntemlerinin etkin olanlarından biri toprak yapısının iyileştirilmesidir ki bu da toprağa organik madde ilavesi ile mümkün olabilmektedir.

Organik maddenin toprakta kalite tanımlanmasında kullanılan en önemli bileşen olduğu bilinmektedir (Lal and Kimble 1997). Türkiye topraklarının büyük bir bölümünün (%86,87) organik madde içeriği %3’ten azdır. Ancak %12,13’ünün organik madde içeriği %3’ten fazladır. Erzurum’un da içinde bulunduğu Kuzeydoğu

Anadolu topraklarının organik madde içeriği ise %18,86'sı %3 ten fazla, %81,16'sı %3 ten azdır (Eyüboğlu 1999). Toprakta organik maddenin bitki besin madde içeriği olmak üzere agregatlaşma, toprak havalanması, mikrobiyal aktivite gibi birçok toprak özelliği üzerine olumlu etkileri bulunmaktadır. Organik madde, toprakta besin elementi tutma kapasitesini arttırarak bitkiler için besin deposu görevi görme, infiltrasyonu arttırma, evaporasyonu azaltma, toprakların su tutma kapasitelerini ve agregasyonunu arttırma gibi birçok toprak fonksiyonunu etkilemektedir. Topraklarda organik maddenin az olması yarayışlı su kapasitesinin azalmasına ve strüktürel yapının zayıflamasına neden olmaktadır (Yılmaz ve Alagöz 2008; Güneş vd 2000). Su ve rüzgar erozyonu için organik madde, agregat stabilitesi ve infiltrasyon (geçirgenlik) hızı toprağın erozyona duyarlılığını belirleyen birincil derecede önemli toprak özellikleridir (Dengiz ve Kanar 2015). Toprak özellikleri arasında en fazla değişkenliği agregat stabilitesi göstermektedir. Yarı kurak bölgelerde mera bozulmasını belirlemede agregat stabilitesi ve organik madde miktarı erozyona karşı direncin önemli birer göstergedir (Bird et al. 2007). Agregat stabilitesi yani suya dayanıklı agregat oranı yüksek olan bir toprak; su ve rüzgar tarafından aşınmaya dayanıklıdır. Aynı şekilde geçirgenliği yüksek bir toprak, yüzey akış miktarına etki ederek suyu toprağın bünyesinde muhafaza eder ve suyun zararlı etkilerinin azaltılmasının yanı sıra su kullanım etkinliğinin artması anlamına gelmektedir.

Son yıllarda birçok organik atıktan toprak düzenleyici ve gübre olarak yararlanılmaktadır (Zeytin and Baran 2003). Türkiye'de son yıllarda Bu organik atıklara ilave olarak, yarasa gübresinin de tarımsal üretimde organik materyal olarak kullanılması söz konusudur. Hemen hemen Türkiye'nin her bölgesinde yerleşim yerlerinden uzak mağaralarda insan eli değmeden uzun yıllar boyunca doğal olarak fermente olan yarasa gübresinin büyük miktarda rezervi bulunduğu bildirilmiştir. Dünyada 19.yy'dan itibaren kullanılan yarasa gübresinin ülkemizdeki varlığı henüz tespit edilmiştir. Bu gübrenin ülkemizde yaygın kullanımı bulunmamaktadır. Bulunan 40 bin mağaradan 2012 yılına kadar sadece 20 tanesi temizlenmiş ve turizme açılmıştır (Anonim 2011; Anonim 2014a). İçeriğindeki organik madde miktarı oldukça yüksek olan yarasa gübresi devam eden yıllarda (2015 yılında) *Organik Tarım Yönetmeliği*'ne de girmiştir (Anonim 2014b).

Bu çalışmada yarasa gübresinin organik maddece zengin olması dolayısıyla toprakların organik madde içeriğine, agregat stabilitesine ve infiltrasyon değerlerine etkisi araştırılmıştır.

1. MATERYAL ve METOT

1.1 Materyal

Araştırma arazi koşullarında 2011-2013 yılları arasında Erzurum Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Toprak ve Su Kaynakları yerleşkesi deneme alanında kurulmuş ve yürütülmüştür. Deneme alanı toprakları orta-yavaş geçirimlidir. Taşlılık, tuzluluk, sodyumluluk bakımından sorunsuz sulu tarım arazileridir (Sevim 1988). Denemenin yürütüldüğü yöre ikliminin karakteristik özelliği karasal iklim tipidir. Yörenin 74 yıllık iklim verilerine göre ortalama yağış 436 mm, en fazla yağış Mayıs, en az yağış Ağustos ayında düşmektedir. Ortalama sıcaklık 6,0°C, en sıcak ay Ağustos, en soğuk ay Aralık ayıdır. Yıllık buharlaşma 987 mm, ortalama bağıl nem %64 ve ortalama karla örtülü gün sayısı 112 gündür (DMİ 2007).

Denemenin devam ettiği 2011 yılında 480,80mm, 2012 yılında 317,30, 2013 yılında ise 243,80 mm yağış düşmüştür. Denemde kullanılan çiftlik gübresi Erzurum Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü işletme çiftliğinden, yarasa gübresi ise Agro Hold Aş.-Turkuvaz ltd. şirketi tarafından Hatay yöresinde bulunan mağaralardan toplanan ve TR-26-OG-001 onay kodu ile ticari ürün olarak piyasadan temin edilmiştir. Kullanılan organik materyal kaynaklarının bazı özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

1.2 Metot

Toprakların organik madde içerikleri de Page et al. (1982) ye göre yapılmıştır. İnfiltrasyon testleri sabit seviyeli çift silindir infiltrometreyle ile Ertuğrul ve Apan (1979) ve Delibaş (1984)’a göre yapılmıştır. Denemenin her iki döneminde (2011-2013) yıllarında hasattan bir hafta sonra deneme parsellerinde her konu için çift silindir infiltrometreyle infiltrasyon ölçümleri yapılmış ölçülen değerler regresyon analizine tabi tutulmuştur.

Toprakların agregat stabilitesi değerleri hava kurusu 4 gr. 1-2 mm büyüklüğündeki agregat fraksiyonunun 0,25 mm. elek açıklığında, 12,7 mm darbe uzunluğu ve 42 devir/dakika darbe frekansına sahip Yoder tipi ıslak eleme makinesi kullanılarak Kemper and Rosenau (1986) ve Demiralay (1993)’e göre yapılmıştır

2.3 Deneme Alanının Hazırlanması

Çalışma Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Toprak ve Su Kaynakları yerleşkesi deneme alanında yürütülmüştür. Test bitkisi olarak kışlık buğday kullanılmış, ekim işleminden önce 9 deneme konusu tesadüfi olarak parsellere dağıtılmıştır. Alanda yabancı otlar elle yolunarak arazi tırmıkla temizlenmiş ve arazi yüzeyi

rotatiler ile düzeltilerek gübre dozları toprağın 5 cm derinliğine karıştırılmıştır. Mibzer ile 2,5 cm derinliğinde tohum yatağı hazırlanmış, sıra arası 12,5 cm ve sıra üzeri 5 cm olacak şekilde 20 kg/da ekim normuna göre 6 m² parsellere denemenin ilk döneminde (2011-2012 yılları) 5 Ekim 2011 tarihinde, ikinci döneminde (2012-2013 yılları) 18 Eylül 2012 tarihinde ekim yapılmıştır. Deneme konuları ve kısaltmalar Çizelge 2’de verilmiştir. Denemede nem takibi nötronmetre cihazı ile yapılmış eksik nem %30 a geldiğinde tarla kapasitesine tamamlanmış ve damla sulama yöntemi kullanılmıştır.

Belirtilen özelliklerin tespiti için hasat sonrası 0-20 cm toprak derinliğinden toprak örnekleri alınarak analizler için laboratuvara götürülmüştür.

2. BULGULAR ve TARTIŞMA

Yarasa ve çiftlik gübresinin artan dozlarda ilave edildiği topraklarda agregat stabilitesi infiltrasyon ve organik madde miktarları tespit edilmiştir.

Denemede toprakların uygulama dozlarının artışı ile toprakların organik madde içeriğinin arttığı buna bağlı olarak infiltrasyon ve agregat stabilitesi (**Şekil 1;2**) değerlerinin de arttığı gözlenmiştir. Yarasa gübresinin en yüksek uygulama dozu; toprakların infiltrasyon hızını %121, agregat stabilitesini %41, organik madde içeriğini %94 arttırdığı gözlenmiş ve bu değerler yapıdana ANNOVA testi sonucu önemli ($P<0,05$) bulunmuştur. Denemenin her iki yılının ortalamaları değerlendirildiğinde, organik madde değerleri yarasa gübresinin 2000 kg/da uygulama dozu (YG4) ile %1,49 (kontrol)’dan %3,3’e yükselmiştir (**Şekil 1;2**). Toprakların **infiltrasyon hızları** yarasa gübresinin 2000 kg/da uygulama dozu (YG4) ile 21,83 mm/h (kontrol)’ten 94,17 mm/h’ye yükselmiştir (**Şekil 1**). Denemenin her iki yılının ortalamaları değerlendirildiğinde, toprakların **agregat stabilitesi** değerleri yarasa gübresinin 2000 kg/da uygulama dozu (YG4) ile %48 (kontrol)’den %68’e yükselmiştir (**Şekil 2**). Varyans analizi ve çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre, , araştırma süresi içerisinde (2011,2012,2013 yılları) konular arasında yarasa gübresinin 2000 kg/da uygulama dozu (YG4) ($P<0,05$) önemli derecede bulunmuştur. Araştırmada YG4 uygulaması 2. yılında toprakların **infiltrasyon hızı** ve **agregat stabilitesi** değerlerini ($P<0,01$) çok önemli derecede arttırmıştır. İkinci yıl meydana gelen bu artışın toprağa karıştırılan organik materyallerin topraktaki mineralizasyon sürecinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Toprakta yüzey akışı, yıkanma, bitkiler için yararlı su kapasitesi ve erozyon gibi birçok özellik için önemli bir toprak parametresi olan infiltrasyon üzerine toprak bünyesi, organik madde miktarının ve toprakta suya dayanıklı agregat miktarı doğrudan etkili toprak özellikleri olduğu bildirilmiştir

(Hanay 1991). Bu nedenle araştırmada tespit edilen infiltrasyon değerlerindeki bu artışın toprakların organik madde içeriğinin ve agregat stabilitesi artışı ile ilişkilen- dirilmektedir (**Şekil 3**).

Daha önce yapılmış bazı çalışmalarda toprağa çeşitli organik kökenli madde ilavesinin toprakta organik madde miktarını önemli derece arttırdığı belirtilmiştir (Hanay 1991; Canbolat 1992; Yılmaz ve Alagöz 2008; Alagöz vd 2006; zyazıcı vd 2010a).

Değişik kaynaklı organik materyallerin (işlenmiş tavuk gübresi, p kompostu ve işlenmiş leonardit) farklı dozlarda toprağa uygulandığın bir çalışmanın sonu- cunda, söz konusu organik materyallerin düzenli ve etkin bir biçimde kullanılması ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyileştirilebileceğinin mümkün olduğu belirtilmiştir (Alagöz vd 2006).

Agregat stabilitelelerini kumlu tın toprakta kontrole (%24) göre en az artıran uygulama çiftlik gübresi (%34.94) en fazla artıran uygulama ise zuruf (%46) olduğu tespit edilmiştir. Tarla kapasitesini killi toprakta kontrolde %37'den %41'e en fazla zuruf, kumlu tın toprakta kontrolde %11'den %14'e en fazla çay atığı arttığı, devamlı solma noktası (DSN) ve infiltrasyon üzerine en etkili uygulamanın killi toprakta çay, en az etkili uygulama ise çiftlik gübresi olduğu belirtilmiştir. Kumlu tın toprakta ise DSN ve infiltrasyon üzerine en etkin uygulamanın zuruf, en az etkili uygulama DSN için tütün, infiltrasyon için çiftlik gübresi olduğu bildirilmiştir. (Candemir 2005).

Bu araştırmadan elde edilen infiltrasyon ve yararlı su kapasitesi sonuçları ile benzer sonuçların elde edildiği bir çalışmada çiftlik gübresi, kompostlaştırılmış buğ- day anızı ve şeker pancarı küspesinin artan dozlarının toprağın fiziksel yapısı üzerine etkisini araştırılmıştır. Organik madde kaynağı olarak kullanılan bu materyallerin tümünün infiltrasyon kapasitesi ve yararlı su kapasitesi üzerinde önemli derecede artış sağladığını belirtilmiştir (Boyle vd 1989).

Bir diğer infiltrasyon kapasitesinin incelendiği bir çalışmada çiftlik gübresinin artan dozlarının toprağa giren su miktarında önemli bir artış meydana getirdiği bildi- rilmiştir. Organik madde kaynağı olarak buğday anızı, şeker pancarı küspesi ve çift- lik gübresinin kullanılan diğer bir araştırmada bu materyallerin uygulanan farklı doz- larında infiltrasyon değerlerinin ve su tutma kapasitesinin organik maddelerin artan dozlarıyla artış gösterdiği bildirilmiştir (Baldock *et al.* 1994).

Organik içerikli kentsel katı atıklardan elde ettiği p kompostlarının ve çiftlik gübresinin, toprakların sulama açısından önemli fiziksel özelliklerinden olan infilt- rasyon üzerine etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonucunda toprağa verilen p kom- postunun toprakların hacim ağırlığı, porozite ve agregat stabilitesindeki olumlu

değişmelerden dolayı infiltrasyon hızlarını da artırmıştır. Çöp kompostunun bu etkisi, özellikle su geçirgenliği düşük olan topraklar için olumlu yönde etkili olduğu bildirilmiştir (Hanay, 1991).

Batı İğdir Ovasında toprağa organik materyal olarak ahır gübresi ve buğday samanı ilave edilmesi ile toprağın organik maddesi, agregat stabilitesi ve geçirgenliği üzerine etkilerinin ve aralarındaki ilişkilerinin araştırıldığı çalışmada dört adet yüzey (0-10 cm) toprak örneği üzerinde çalışılmıştır. Topraklara ahır gübresi (<2mm) ve buğday samanı (<1mm) 5 düzeyde uygulanmış ve topraklar tarta kapasiteleri civarında 45 günlük inkiibasyona tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre; organik materyallerin ilave edilen düzeylerine bağlı olarak, toprakların organik madde, agregat stabilitesi ve geçirgenlik değerlerinde artış görülmüş ve bu özellikler arasında pozitif ilişkiler tespit edilmiştir (Canbolat, 1992).

Toprak düzenleyici olarak çiftlik gübresinin (G) fındık zürufu (Z), çay (Ç) ve tütün (T) atıkları ile kullanıldığı bir çalışmada, ince ve kaba bünyeli topraklarda toprak kalite indeksleri ve NO₃-N'u üzerine etkileri araştırılmıştır. Tarla kapasitesini killi toprakta kontrolde %37'den %41'e en fazla zuruf, kumlu tın toprakta kontrolde %11'den %14'e en fazla çay atığı arttığı, devamlı solma noktası (DSN) ve infiltrasyon üzerine en etkili uygulamanın killi toprakta çay, en az etkili uygulama ise çiftlik gübresi olduğu belirtilmiştir. Kumlu tın toprakta ise DSN ve infiltrasyon üzerine en etkin uygulamanın zuruf, en az etkili uygulama DSN için tütün, infiltrasyon için ise çiftlik gübresi olduğu bildirilmiştir (Candemir, 2005)

Toprakta yüzey akışı, yıkanma, bitkiler için yararlı su kapasitesi ve erozyon gibi birçok özellik için önemli bir toprak parametresi olan infiltrasyon üzerine toprak bünyesi, organik madde miktarı, toprakta suya dayanıklı agregat miktarı ve porozitenin doğrudan etkili toprak özellikleri olduğu bildirilmiştir (Hanay 1991). Bu nedenle araştırmada tespit edilen infiltrasyon değerlerindeki bu artışın toprakların organik madde içeriğinin, agregat stabilitesi ve porozitesinin artışı ile ilişkilendirilmektedir.

Bu araştırmadan elde edilen infiltrasyon sonuçları ile benzer sonuçların elde edildiği bir çalışmada çiftlik gübresi, kompostlaştırılmış buğday anızı ve şeker pancarı küspesinin artan dozlarının toprağın fiziksel yapısı üzerine etkisini araştırılmıştır. Organik madde kaynağı olarak kullanılan bu materyallerin tümünün infiltrasyon kapasitesi ve yararlı su kapasitesi üzerinde önemli derecede artış sağladığını belirtilmiştir (Boyle vd 1989).

Bir diğer infiltrasyon kapasitesinin incelendiği bir çalışmada çiftlik gübresinin artan dozlarının toprağa giren su miktarında önemli bir artış meydana getirdiği

bildirilmiştir. Organik madde kaynağı olarak buğday anızı, şeker pancarı küspesi ve çiftlik gübresinin kullanılan diğer bir araştırmada bu materyallerin uygulanan farklı dozlarında infiltrasyon değerlerinin ve su tutma kapasitesinin organik maddelerin artan dozlarıyla artış gösterdiği bildirilmiştir (Baldock *et al.* 1994).

3. SONUÇ

Erozyon ülkemizde ve dünyada doğal kaynaklarımızın korunması, sürdürülebilir tarımsal üretim ve çevre yönetimi için ciddi bir tehdit haline gelmiştir. Erozyonu önleme adına toprakların en önemli fiziksel özellikleri infiltrasyon hızları ve agregat stabilitesi değerleridir. Bu özellikleri iyi olan bir toprağın yerinde korunması söz konusu olacaktır. Bunun için en yaygın yöntem toprağa organik madde ilavesidir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ile Yarasa gübresinin toprakların bazı fiziksel özelliklerini iyileştirmek amacıyla çiftlik ve diğer hayvan gübrelerinin kullanıldığı alanlarda kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır. Yarasa gübresi toprakta organik madde içeriğinin arttırması ile toprak koruma önlemlerine ve sürdürülebilir bir tarımsal üretime de katkıda bulunacaktır.

Aynı zamanda bu çalışmanın sonuçlarının ülkemizde uzun yıllardır el değmeden biriken ve doğal olarak fermente olan yarasa gübresinin değerlendirilmesinde gelecekteki uygulamalara yön vereceği düşünülmektedir.

BİLGİ: Bu çalışma, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından 16.10.2015 tarihinde kabul edilen "Yarasa ve çiftlik gübrelerinin bazı toprak özelliklerine ve buğday bitkisinin verim parametrelerine etkisi" başlıklı doktora çalışmasının bir bölümüdür.

KAYNAKÇA

- ALAGÖZ, Z., YILMAZ E., ÖKTÜKEN F., (2006). Organik Materyal İlavesinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Toprak özellikleri Üzerine Etkileri, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2006, 19(2),245-254
- ANONİM, (2014b). Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Organik Gübre Mevzuatı, Ek-1, Resmi Gazete Tarihi: 29.03.2014 Resmi Gazete Sayısı: 28956, <http://www.orgtr.org.tr/yonetmelik-ekleri-ek1234567891011121314>
- ANONİM, (2011). <http://www.yarasagubresi.org>
- ANONİM, (2014a). http://www.google.com.tr/url?url=http://adventiftarim.com/katalog/bilgiler/Toprak_Bitki_ve_Su_Iliskisi.ppt&rct=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ei=pLX1VMemFZftaPG-LgvAK&ved=0CEEQFjAJOAo&sig2=GKXB54YdmoYBhFiMo83Vjg&usg=AFQjCNFTdUHIOGxrfiqnocnlKuMlu8wqQQ
- BALDOCK JA., AOYAMA M., OADES JM., SUSANTO A AND GRANT CD. (1994). Structural Amelioration Of South Australian Redbrown Earth Using Calcium And Organic Amendments. Aust. J. Soil Res. 32: 571–594.
- BİRD, S.B., HERRİCK, J.E., WANDER, M.M., AND MURRAY, L. (2007). Multi-Scale Variability In Soil Aggregate Stability: Implication For Understanding And Predicting Semi-Arid Grassland Degredation., Science Direct, Geoderma 140 (2007) 106- 118.
- BOYLE, M. FRANKENBERGER, WT AND STOLZY LH. (1989). The Influence Of Organic Matter On Soil Aggregation And Water Infiltration. Journal Of Production Agriculture. 2:209-299.
- CANBOLAT, M. Y. (1992). Toprağa Organik Materyal İlavesinin Toprağın Organik Maddesi, Agregat Stabilitesi ve Geçirgenliği Üzerine Etkileri Atatürk Ü. Zir.Fak.Det. 23 (2), 113-123,
- CANDEMİR, F., (2005). Organik Atıkların Toprak Kalite İndeksleri ve Nitrat Azotu Üzerine Etkileri, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi , Samsun.
- CANPOLAT, M. ve DEMİRALAY, İ. (1995). Organik Materyal İlave Edilmiş Toprakların Agregat Stabilitesi, Briket Hacim Ağırlığı ve Kırılma Değeri Arasındaki İlişkiler, Türkiye Toprak İlmi Derneği Toprak ve Çevre Sempozyumu. Cilt II. Yayın No: 7, ss: A-116 A-124, Ankara.
- DELİBAŞ, L., (1984). Tava ve Karıklarda Yüzey Sulama Hidroliği İlkelerinin Tarla Koşullarında Araştırılması (Doktora Tezi). Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Kültürteknik Bölümü, Erzurum, 47.

- DEMİRALAY, İ., (1982). Muş-Alparslan Devlet Üretim Çiftliği Killi Toprağına Organik Materyal ve Kireç İlavesinin, Agregat Stabilitesi Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi/Journal of the Faculty of Agriculture 13(1-2).
- DEMİRALAY, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üni. Zir. Fak. Yayın No: 143. Erzurum.
- DMİ, (2007). Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü. Meteoroloji Dökümantasyon Merkezi, Ankara.
- ERTUĞRUL H., ve APAN M., (1979). Sulama Sistemlerinin Projelenmesi, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayını, Erzurum No: 128-61, 35-15s.
- EYÜBOĞLU F., (1999). Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumu ,Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü -Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel Yayın No:220, Ankara-1999 http://www.izotar.com/tr_bilgiban-kasi.aspx?id=24, Erişim Tarihi 24.03.2014
- GÜNEŞ A., M. ALPASLAN, A. İNAL (2000). Bitki Besleme ve Gübreleme. Ankara Üniversitesi. Ziraat Fakültesi. Yayın No: 1514 Ders Kitabı: 467. Ankara.
- HANAY A., (1991). Organik Materyal Uygulamasının Toprakların İnfiltrasyon Parametrelerine Etkileri Üzerine Bir Araştırma, Atatürk Üniv Zir Fak. Der. 22(2), 43-53,1991.
- KANAR E. ve DENGİZ O., (2015), Madendere Havzası Topraklarında Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü ile Bazı Erozyon Duyarlılık İndeksleri Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun, TÜRKİYE
- Kemper, W.D., and R.C. Rosenau, 1986. Aggregate stability and size similar to the aggregates. distribution. p. 425–442. *In* A. Klute (ed.) Methods of soil analysis. The sensitivity _ of *f* to changes in *x* is given by Eq. Part 1. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA, Madison, WI.
- LAL, R. AND KİMBLE, J.M., (1997). Conservation TillÇGe for Carbon Sequestration. Nutrient Cycling in Agroecosystems 49, 243-253.
- ÖZYAZICI G., ÖZDEMİR O., ÖZYAZICI M. A., ÜSTÜN G. Y., TURAN A., (2010a). Bazı Organik Materyallerin Ve Toprak Düzenleyicilerin Organik Fındık Yetiştiriciliğinde Verim ve Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri, Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu, 28 Haziran-1 Temmuz 2010, Erzurum

- PAGE, A. L., R. H. MILLER, AND D. R. KEENEY, (1982). Methods of Soil Analysis- Part 2 Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Inc., Soil Science Society of America, Inc., Madison, WI."
- SAYGIN D. S., MADENOĞLU S., ERPUL G. (2015). Uluslararası Toprak Yılı, TÜRKİYE'DE TOPRAK EROZYONU VE ÇÖLLEŞME. <https://www.turk-tob.org.tr/upload/dergi15/64-69.pdf> . ERIŞİM TARİHİ:11.01.2019
- SEVİM Z., (1988). Erzurum Koşullarında Buğdayın Su Tüketimi, Tarım Orman Ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Erzurum Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Yayın No:19, Rapor Seri No:16, Erzurum
- YILMAZ E., ALAGÖZ Z., (2008). Organik Madde Toprak Suyu İlişkisi, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 1 (2): 15-21, ISSN:1308-0040, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Antalya, www.nobel.gen.tr
- YILMAZ E., ALAGÖZ Z., (2008). Organik Madde Toprak Suyu İlişkisi, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 1 (2): 15-21, ISSN:1308-0040, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Antalya, www.nobel.gen.tr
- YILMAZ E., ALAGÖZ Z., ÖKTÜREN F., (2005). Toprakta Agregat Oluşumu ve Stabilitesi S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 19 (36): (2005) 78-86 Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Antalya.
- ZEYTİN S and BARAN A (2003). Influences of composted hazelnut husk on some physical properties of soils. Bioresource Technology 88, 241-244

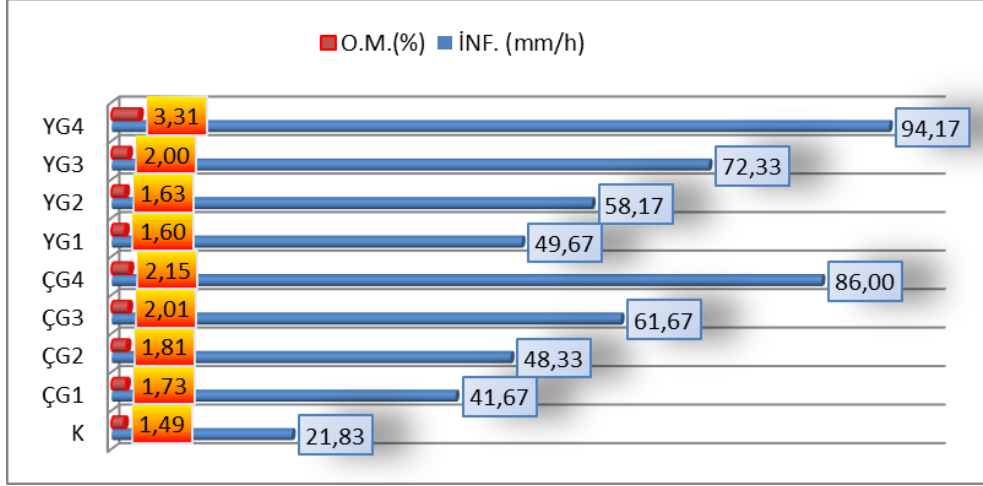
Çizelge 1. Denemede kullanılan Yarasa gübresinin* ve çiftlik gübresinin bazı kimyasal özellikleri

Parametre		
Yarasa gübresi	Çiftlik gübresi	
Toplam Organik Madde(%)	67,3	49,7
Nem(%)	14,7	-
Toplam Azot(%)	8.2	1,14
Organik Azot(%)	7.4	-
Toplam P2O5(%)	2	0,75
Toplam K2O(%)	0.5	0,68
Toplam (N+P2O5)	10.2	2

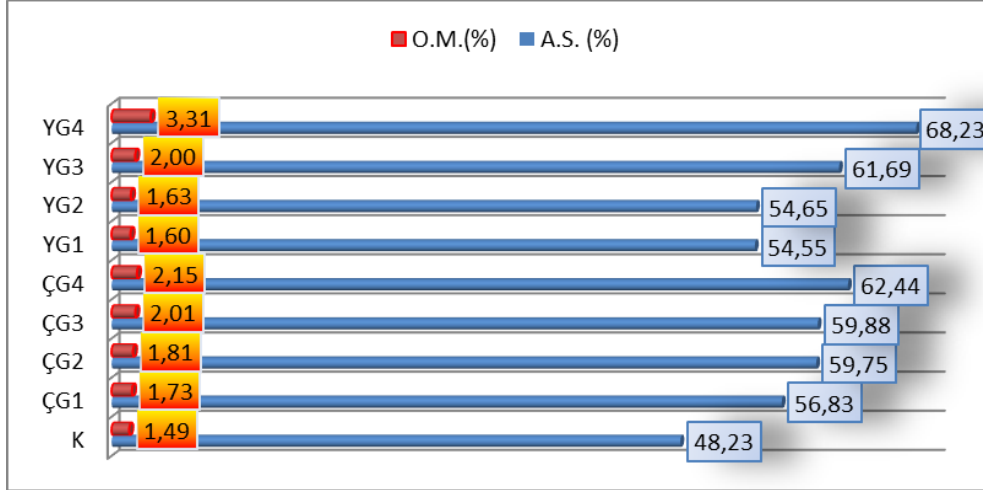
Çizelge 2. Denemede kullanılan organik materyallerin uygulama dozları ve kısaltmaları

Doz (kg/da)	Uygulamalar	
	(Yarasa Gübresi)	(Çiftlik Gübresi)
0	KONTROL	KONTROL
500	YG1	ÇG1
1000	YG2	ÇG2
1500	YG3	ÇG3
2000	YG4	ÇG4

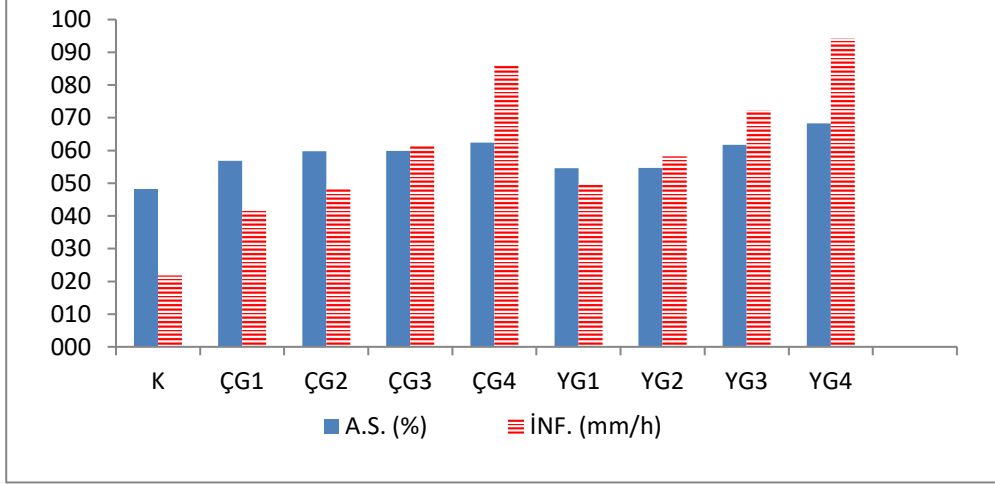
Şekil 1. Yarasa ve çiftlik gübresi artan dozlarında organik madde ve infiltrasyon ilişkisi



Şekil 2. Yarasa ve çiftlik gübresi artan dozlarında organik madde ve agregat stabilitesi ilişkisi



Şekil 3. Yarasa ve çiftlik gübresi artan dozlarında agregat stabilitesi ve infiltrasyon ilişkisi



KÜTAHYA - ALTINTAŞ KOŞULLARINDA FARKLI EKİM NORMLARI VE ZAMANLARININ KARABUĞDAY (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH)'DA VERİM VE BAZI VERİM UNSURLARI ÜZERİNE ETKİSİ

Erkan KAYA

Altıntaş İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü

Duran KATAR

Osmangazi Üniversitesi

Özet: Bu araştırma; Karabuğdayın (*Fagopyrum esculentum* Moench) en uygun ekim zamanı ve ekim normunun belirlenmesi amacıyla 2015 yılında Kütahya ili koşullarında yürütülmüştür. Araştırma ile ilgili tarla denemeleri, üç tekerrürlü olarak tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre oluşturulmuştur. Denemede ana parsellerde ekim zamanları alt parsellerde ise ekim normları yer almıştır. Denemede 4 farklı ekim zamanında (20 Nisan, 1 Mayıs, 10 Mayıs, 21 Mayıs) ekilen karabuğdayda dört farklı ekim normunun (6, 8, 10 ve 12 kg/da) bitki boyu (cm), bitki başına birincil yan dal sayısı (adet/bitki), bitki başına çiçek kümesi sayısı (adet/bitki), bitki başına tohum verimi (g/bitki), 1000 tane ağırlığı (g), hektolitre ağırlığı (kg/hl), ham protein oranı (%) ve dekara tohum verimine (kg/da) etkileri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; bitki boyu 65.36-91.33 cm, birincil yan dal sayısı 0.33-2.86 adet/bitki, bitki başına çiçek kümesi sayısı 4.30-17.06 adet/bitki, bitki başına tohum verimi 0.61-3.60 g/bitki, 1000 tohum ağırlığı 23.15-28.42 g, hektolitre ağırlığı 57.52-64.53 kg/hl, ham protein oranı % 8.11-9.48 ve dekara tohum verimi 44.64-165.98 kg/da arasında değişmiştir. Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde en yüksek dekara tohum verimi 165.98 kg/da ile 20 Nisan × 10 kg/da uygulamasından elde edildiği görülmüş olup, bölge üreticilerine dekara 10 kg tohumluk kullanımı ve 20 Nisan tarihinde ekim yapmaları önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Karabuğday, ekim normu, ekim zamanı, verim, verim unsurları.

Effect of Different Sowing Norms and Times on Yield and Some Yield Components at Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) in Kütahya - Altıntaş Conditions

Abstract: This research was conducted to determine most proper sowing time and sowing norm for the buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) under ecological conditions of province Kütahya in 2015. The experiment was arranged in a split-plots design with three replications. Main plots were sowing times and sub plots were sowing norms. In the research, effects of different sowing times (20 April, 1 May, 10 May, 21 May) and different sowing norms (6, 8, 10 and 12 kg/da) on plant height (cm), number of primary branches per plant (no/plant), number of flower clusters per plant (no/plant), seed yield per plant (g/plant), thousand seed weight (g), test weight (kg/hl), crude protein content (%) and seed yield (kg/da) were determined were studied. According to this research results, values of plant height, the number of primary branches, number of flower clusters per plant, seed yield per plant, thousand seed weight, test weight, crude protein content and seed yield ranged as 65.36-91.33 cm, 0.33-2.86 no/plant, 4.30-17.06 no/plant, 0.61-3.60 g/plant, 23.15-28.42 g, 57.52-64.53 kg/hl, 8.11-9.48 % and 44.64-165.98 kg/da respectively. When the findings were evaluated, it was observed that the highest seed yield was obtained from application of 20 April \times 10 kg/da as 165.98 kg/da. It is recommended that 10 kg per decare can be used by region producers and that they should sow on April 20.

Keywords: Buckwheat, sowing norm, sowing time, yield, yield components.

1. GİRİŞ

Karabuğday, tarihi çok eskilere dayanan Asya kökenli bir bitkidir. Bitki ilk olarak V. ve VI. yüzyıllarda Çin'de, XIV. ve XV. yüzyıllarda Avrupa'da, XVII. yüzyılda ise Kuzey Amerika'da yetiştirilmiştir (Alvarez - Jubete vd., 2010). Günümüzde kültürü yapılan türlerin kökeninin Çin' in güneybatısında bulunan San Jiang (Üç Nehirler) bölgesi olduğu düşünülmektedir (Ohnishi, 2004). Dünyada en fazla üretim gerçekleştiren ülkeler ise Rusya, Çin, Ukrayna, Fransa, Polonya ve ABD' dir (Anonim, 2018). Günümüzde pek çok ülkede üretimi ve ticareti yapılan karabuğdayın ülkemizde ticari amaçlı üretimi yapılmamaktadır. Karabuğday *Polygonaceae* (kuzukulağıgiller) familyasına bağlı *Fagopyrum* cinsine ait bir bitki türüdür. *Fagopyrum* cinsine bağlı bilinen 15 tür mevcuttur. Bu türler arasında, kültürü yapılan en önemli iki tür; yaygın karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench) ve tatar karabuğdayı (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gertn)'dır (Chauhan vd., 2010). Karabuğday,

tahıllarla benzer kullanım alanlarına sahip olmasından dolayı tahıllarla birlikte sınıflandırılır. Ancak karabuğday bir tahıl değildir. Tahıl benzeri (pseudocereal) adı verilen grupta yer alır. Karabuğdayı tahıllardan ayıran temel fark ise çift çenekli (dikotiledon) bir bitki olmasıdır (Dizlek vd., 2009). Hızlı bir gelişme özelliğine sahip olan karabuğday 10-14 hafta gibi kısa bir sürede gelişerek hasat olgunluğuna ulaşmaktadır. Kısa bir vejetasyon dönemine sahip olması karabuğdayı önemli bir alternatif kültür bitkisi haline getirmektedir (Katar ve Katar, 2017). Karabuğday geniş yapraklı, 60-150 cm boylanabilen tek yıllık bir bitkidir. Çeşitli toprak tiplerinde yetişebilen karabuğdayın zayıf topraklara adaptasyonu diğer pek çok bitkiye göre daha iyidir (Pavek, 2016). Toprak nemine, sıcaklığa ve ekim derinliğine bağlı olarak ekim işleminden 3-5 gün sonra bitki çıkışları başlamaktadır (Oplinger vd., 1989). Karabuğdayda çiçekler 7-9 adet bir arada olacak şekilde bulunmakta, beyaz, kırmızı ve pembe renklerde olabilmektedir (Vojtiskova vd., 2012). Ekim yapıldıktan 3 ila 6 hafta içinde bitkide çiçeklenme başlamakta ve birkaç hafta devam etmektedir. Karabuğdayda tozlanma büyük oranda böceklerle olabildiği gibi rüzgâr yardımıyla da gerçekleşmektedir (Racys vd., 2005; Pavek, 2016). Karabuğday hasadı için en uygun dönem, tanelerin 2/3' ünün kahverengi ve sapın kırmızimsı kahverengi renge dönüştüğü ya da tanelerin % 70-80' inin olgunlaştığı zamandır (Barac vd., 2011). Karabuğday bileşiminde yüksek düzeyde protein, diyet lif, vitamin, mineral madde, temel çoklu doymamış yağ asitleri, rutin ve quercetin gibi antioksidanları içeren, kalitesi yüksek önemli bir gıda ham bileşeni olup, fonksiyonel gıda endüstrisi için çok önemli bir potansiyele sahiptir (Acar vd., 2011). Karabuğdayın protein içeriği çeşitlere ve gelişme sırasındaki çevre faktörlerine bağlı olarak % 7-21 arasında değişmektedir. Karabuğday proteinleri tahıllarda sınırlı olarak bulunan lizin ve arginin bakımından zengindir ve yüksek biyolojik değere sahiptirler. Tam karabuğday tanesi % 1.5-4 arasında sabit yağ içermektedir. Toplam yağ miktarının % 16-25' i doymuş, % 74-79' u ise doymamış yağ asitlerinden oluşmaktadır (Christa and Soral-Smietana, 2008; Przybylski and Gruczynska, 2009; Dizlek vd., 2009). Karabuğday sağlık açısından olumlu özellikleri olan bazı flavonoidler, flavonlar, fenolik asitler, taninler, fitosteroller ve fagopyrinler gibi bileşikler içermektedir. İçerdiği en önemli flavonoid ise bir bitki metaboliti ve flavonol glikozit olan rutindir (Christa and Soral-Smietana, 2008). Karabuğdayın içerdiği rutin glikoziti hipertansiyon, böbrek kanaması, hemofili ile kardiyovasküler bozuklukların ve bazı hemerojik hastalıkların tedavisinde de kullanılır. Ayrıca, karabuğdayda kimyasal olarak serbest gluten bulunmamaktadır. Bu nedenle glutene karşı hassasiyeti olan özellikle çölyak hastaları için uygulanan glutensiz diyetlerin önemli bir parçası haline gelmiştir. Çölyak hastalığı, gluten proteinin gliadin adlı alt fraksiyonuna karşı aşırı duyarlılık sonucu gelişen ince bağırsak

hastalığıdır(Yavuz, 2014). Karabuğday bitkisinin genel olarak tohumlarından ve vejetatif kısımlarından faydalanılmaktadır. Çok yönlü kullanım alanına sahip olan karabuğday, insan beslenmesi dışında hayvan beslemede yem olarak, yeşil gübre olarak, toprak düzenleyicisi olarak, sirke, bira, çay, ispirto gibi ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca tıbbi bitki olarak ve uzun bir çiçeklenme dönemine sahip olmasından dolayı nektar kaynağı olarak kullanılmaktadır(Acar vd., 2011, Kan, 2014). Diğer bitkilerde olduğu gibi karabuğday bitkisinin de etkin bir şekilde üretiminin yapılabilmesi ve yüksek tohum verimi elde edilebilmesi için tarımsal ekolojik şartlar, ekim zamanı ve bitki sıklığı çok önemlidir (Tseng and Huang, 1992.,Hore and Rathi, 2002). Karabuğdayda en uygun ekim zamanının belirlenmesinde bölgenin sahip olduğu iklim faktörleri göz önünde bulundurulmalıdır. Zira karabuğday dona karşı ve bitkinin çiçeklenme döneminde gerçekleşen yüksek sıcaklıklara karşı hassas bir bitkidir (Acar vd., 2012). Ayrıca birim alana atılacak tohum miktarı ile bitki gelişmesi etkilenebilmektedir. Sık yapılan ekimlerde bitkiler topraktaki besin elementleri ile nemden ve havadan gelen ışıktan yeterince faydalanamayarak zayıf gelişmekte, seyrek yapılan ekimlerde ise verim istenilen düzeylerde olmamaktadır. Bu bakımdan karabuğdayda iyi bir verim alınabilmesi için en uygun ekim zamanı ve ekim normunun belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu nedenle her çevre ve her bitkiye özgü ekim zamanı ve ekim normunun belirlenmesi gerekmektedir.

Bu araştırmanın amacı, Kütahya/Altıntaş koşullarında karabuğday bitkisinin üretiminde tohum verimi ve bazı kalite özellikleri bakımından en uygun ekim zamanı ve ekim normunun belirlenmesidir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırma 2015 yılında Kütahya ili Altıntaş ilçesi Akçaköy sınırlarında bulunan arazide yürütülmüştür. Araştırmada materyal olarak Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından geliştirilen ve tescil ettirilen Güneş karabuğday çeşidi kullanılmıştır. Araştırma yeri İç Anadolu karasal iklimi ile Ege ve Marmara'nın ılıman iklimi arasında geçiş özellikli bir iklime sahiptir. Yazları sıcak ve kurak kışları ise yağışlı ve soğuktur. Araştırma yeri yetiştirme dönemine olan 2015 yılına ve uzun yıllara ait ortalama iklim verileri Tablo 1' de verilmiştir. Denemenin yapıldığı yerin toprak analizi sonucunda pH 8.07, tuz % 0.02, kireç % 22.2 ve organik madde miktarı ise % 2.7 ile orta seviyede olup, killi tınlı bünyeli bir toprak yapısına sahip olduğu görülmüştür. Deneme, Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Ana parsellerde dört farklı ekim zamanı(20 Nisan, 1 Mayıs, 10 Mayıs ve 21 Mayıs) yer alırken alt parsellerde ekim normları (6 kg/da, 8 kg/da, 10 kg/da ve 12 kg/da) yer almıştır. Denemede her bir

parsel alanı $1 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 4 \text{ m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Ekim işlemi sıra arası mesafe 25 cm olacak şekilde 3 - 4 cm derinliğe (Güneş vd., 2012) elle yapılmıştır. Denemede sulama işlemi bitkinin ihtiyaç duyduğu dönemlerde yağmurlama ve salma sulama şeklinde yabancı ot mücadelesi ise mekanik olarak elle yapılmıştır. Ayrıca denemede gübre uygulaması yapılmamıştır. Denemede hasat işlemi tanelerin % 75-80' inin kahverengi renge döndüğü zaman (Acar vd., 2012) ve sırasıyla 18 Temmuz, 25 Temmuz, 29 Temmuz ve 4 Ağustos tarihlerinde yapılmıştır. Hasat edilen bitkiler 7-10 gün süreyle kurutulmuş daha sonra harmanlama ve temizleme işlemi yapılmıştır. Bu araştırmada; bitki boyu (cm), bitki başına birincil yan dal sayısı (adet/bitki), bitki başına çiçek kümesi sayısı (adet/bitki), bitki başına tohum verimi (g/bitki), 1000 tohum ağırlığı (g), hektolitre ağırlığı (kg/hl), ham protein oranı (%) ve dekara tohum verimi (kg/da) özellikleri incelenmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuştur. İncelenen karakterlerin önemlilik kontrolü F testi ile ortalamalar arasındaki farklılıklar ise hesaplanan L.S.D. (%) değerine göre gruplandırılmıştır. Verilerin değerlendirilmesi TAR-IST paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Düzgüneş vd., 1987).

Tablo 1. Deneme yılına ve uzun yıllara ait iklim verileri

	İklim Faktörleri			
	Toplam Yağış (mm)		Ortalama Sıcaklık (°C)	
Aylar	2015	1950-2015 (Uzun Yıllar Ortalaması)	2015	1950-2015 (Uzun Yıllar Ortalaması)
Nisan	21.4	53.5	6.8	10
Mayıs	65.1	54.9	14	14.6
Haziran	126.6	36.5	15.5	18.3
Temmuz	0	18.7	20.7	20.9
Ağustos	118.8	15.4	20.7	20.7
Toplam	331,9	179	77,7	84,5
	İklim Faktörleri			
	Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)		Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	

Aylar	2015	1950-2015 (Uzun Yıllar Ortalaması)	2015	1950-2015 (Uzun Yıllar Ortalaması)
Nisan	25.1	16.2	- 8.8	4
Mayıs	29.7	21.2	0	7.8
Haziran	27.2	25.1	4.7	11
Temmuz	36.1	28.2	7.7	13.3
Ağustos	34.1	28.5	7.5	13.2

Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

2015 yılında karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench) bitkisinde yapılan bu araştırma sonucunda elde edilen bitki boyu, birincil yan dal sayısı, çiçek kümesi sayısı, tek bitki tohum verimi, bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, tanede ham protein oranı ve dekara tohum verimi değerleri Tablo 2' de gösterilmiştir.

3.1. Bitki Boyu (cm)

Deneme sonuçlarına göre farklı ekim zamanları ve ekim normlarının bitki boyu üzerine etkisi istatistiki anlamda % 1 düzeyinde önemli bulunurken, ekim zamanı × ekim normu interaksyonu bakımından önemsiz bulunmuştur. Çalışmada bitki boyu genel ortalaması 77.72 cm olarak elde edilmiştir. Ekim zamanları bakımından en yüksek bitki boyu 88.61 cm ile 1. ekim zamanında, en düşük bitki boyu 65.75 cm ile 4. ekim zamanında elde edilmiştir. Ekim normları bakımından ise en yüksek bitki boyu 79.07 cm ile 6 kg/da ekim normunda, en düşük bitki boyu 74.90 cm ile 12 kg/da ekim normunda elde edilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen bitki boyu değerlerinin geçmişte yapılan çalışmalar (Akçura, 2013; Yavuz, 2014; Güneş ve ark., 2012; Joshi, 1999; Valenzuela ve Smith, 2002; Knezevic vd., 1994) ile paralellik arz ettiği tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmada ekim zamanlarının ilerlemesi ile doğru orantılı olarak bitkilerin vejetatif dönemde geçirdikleri gün sürelerinin azaldığı görülmektedir. Erken tarihlerde yapılan ekimlerdeki bitkilerin vejetatif dönemlerinin daha uzun olması, bitkilerin yağışlardan ve topraktan daha fazla faydalanmalarını sağlamış ve buna bağlı olarak vejetatif organlarda olumlu etkiye neden olmuştur. Ayrıca geç tarihlerde yapılan ekimlerde sıcaklığın artması bitkinin daha erken generatif döneme geçmesine neden olmaktadır. Bu nedenle erken ekim tarihleri geç

ekim tarihlerine göre daha uzun bitkiler meydana getirmiştir. Bu çalışmada 12 kg ekim normuna kadar bitki boylarındaki azalmanın önemli olmadığı, ancak 12 kg ekim normunda bitki boylarındaki azalmanın daha önemli olduğu görülmektedir. Ekim normlarının artması birim alana düşen bitki sayısını arttırmakta ve bitkiler arasında topraktan alınacak besin elementleri açısından rekabete neden olmaktadır. Ayrıca artan bitki sıklığına bağlı olarak bitkiler arasındaki boşluk dengesinin kaybolduğu görülmekte olup, bitkilerin birbirlerini gölgeleyerek ışıktan daha az faydalanmaları sonucunda bitki boyunda azalma meydana geldiği düşünülmektedir.

3.2. Bitki Başına Birincil Yan Dal Sayısı (adet/bitki)

Deneme sonuçlarına göre farklı ekim zamanları ve ekim normlarının birincil yan dal sayısı üzerine etkisi istatistiki anlamda % 1 düzeyinde önemli bulunurken, ekim zamanı × ekim normu interaksyonu bakımından istatistiki olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Deneme sonuçlarına göre birincil yan dal sayısı genel ortalaması 1.56 adet/bitki olarak elde edilmiştir. Ekim zamanları bakımından en fazla birincil yan dal sayısı 2.55 adet/bitki olarak 1. ekim zamanında elde edilirken, en az birincil yan dal sayısı ise 4. ekim zamanında 0.41 adet/bitki olarak elde edilmiştir. Ekim normları bakımından bakıldığında ise en fazla birincil yan dal sayısı 1.73 adet/bitki ile 6 kg/da ekim normunda, en az birincil yan dal sayısı 1.2 adet/bitki olarak 12 kg/da ekim normunda elde edildiği görülmektedir. Denemede elde edilen sonuçlar IPGR (1994)' e göre değerlendirildiğinde bu denemede karabuğday bitkisinde dallanmanın zayıf olduğu görülmektedir. Geçmişte yapılan çalışmalar ile (Joshi,2005; Zhou ve Arora, 1995; Omidbaigi ve De Mastro, 2004; Wang, 2004; Rana, 2004) bu çalışma sonuçları birlikte değerlendirildiğinde karabuğday bitkisinde dal sayısı üzerine hem genotipik özelliklerin hem de farklı çevre koşullarının etkili olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 2. Karabuğdayda farklı ekim zamanları ile farklı ekim normlarının verim ve bazı verim unsurlarına etkisi ile ilgili ortalama değerler ve varyans analiz tablosu

Ekim Normu (kg/da)	Bitki Boyu(cm)				Ortalama	Yan Dal Sayısı(adet/bitki)				Ortalama
	Ekim Zamanı					Ekim Zamanı				
	20.Nis	1.May	10.Ma y	21.Ma y		20.Nis	1.May	10.May	21.Ma y	
6	91.33	88.40	71.10	65.46	79.07 A	2.86	2.5	1.16	0.40	1.73 A
8	88.80	86.60	72.96	65.70	78.51 A	2.70	2.53	1.06	0.43	1.68 A
10	89.36	85.76	71.96	66.46	78.39 A	2.60	2.5	0.86	0.5	1.61 A
12	84.96	78.66	70.63	65.36	74.90 B	2.06	2	0.43	0.33	1.20 B
Ortalama	88.61 A	84.85 A	71.66 B	65.75 C	77.72	2.55 A	2.38 A	0.88 B	0.41 C	1.56
F _{değerleri} :	Ekim zamanı: 117,529** ; Ekim normu: 7,199**				Ekim zamanı: 163,873** ; Ekim normu:10,503**				Ekim Zamanı × Ekim Normu: 2,030 ö.d	
C.V.(%):	12,8911				63,4378					
L.S.D. (%):	Ekim zamanı: 5,223; Ekim normu: 2,801				Ekim zamanı: 0,439; Ekim normu: 0,292					
Ekim Normu (kg/da)	Çiçek Kümesi Sayısı (adet/bitki)				Ortalama	Tek Bitki Tohum Verimi(g/bitki)				Ortalama
	Ekim Zamanı					Ekim Zamanı				
	20.Nis	1.May	10.Ma y	21.Ma y		20.Nis	1.May	10.May	21.Ma y	
6	17.06 A	10.96 A	6.76 A	4.50 A	9.82 A	3.60	2.27	1.06	0.61	1.89 a
8	15.20 B	11.06 A	7.06 A	4.80 A	9.53 A	3.05	2.05	1.11	0.63	1.71 ab
10	16.06 AB	10.76 A	5.80 A	4.30 A	9.23 A	3.28	2.21	0.97	0.62	1.77 a
12	12.33 C	7.56 B	5.46 A	4.93 A	7.57 B	2.56	1.29	0.92	0.72	1.37 b
Ortalama	15.16 A	10.09 B	6.27 C	4.63 D	9.04	3.12 A	1.96 B	1.02 BC	0.64 C	1.68
F _{değerleri} :	Ekim zamanı:302,265** ; Ekim normu:19,241**				Ekim zamanı: 27,873** ; Ekim normu: 3,043* ;				Ekim Zamanı × Ekim Normu: 1,107 ö.d	
C.V.(%):	47,96				64,4902					
L.S.D. (%):	Ekim zamanı: 1,412; Ekim normu: 0,908; Ekim Zamanı × Ekim Normu: 1,817				Ekim zamanı: 1,1; Ekim normu: 0,369					

Ekim Normu (kg/da)	Bin Tane Ağırlığı (g)					Hektolitire Ağırlığı (kg/hl)				
	Ekim Zamanı				Orta- lama	Ekim Zamanı				Orta- lama
	20.Nis	1.May	10.Ma y	21.Ma y		20.Nis	1.May	10.May	21.Ma y	
6	28.42	27.58	25.04	23.52	26.14	63.88	63.83	60.90	58.76	61.84
8	27.70	27.45	25.52	23.15	25.95	64.53	63.82	59.80	57.52	61.41
10	27.71	27.74	25.33	23.78	26.14	64.35	63.86	59.40	58.02	61.41
12	27.90	26.98	25.04	24.59	26.13	64.32	64.02	59.38	58.82	61.63
Ortalama	27.93 A	27.44 A	25.23 B	23.76 B	26.09	64.27 A	63.88 A	59.87 B	58.28 B	61.58
F _{değerleri} :	Ekim zamanı: 40,640** ; Ekim normu: 0,224 ö.d Ekim Zamanı × Ekim Normu: 1,385 ö.d					Ekim zamanı: 37,321** ; Ekim normu: 1,142 ö.d Ekim Zamanı × Ekim Normu: 1,793 ö.d				
C.V.(%) :	7,2375					4,4869				
L.S.D. (%) :	Ekim zamanı: 1,602					Ekim zamanı: 2,545				
Ekim Normu (kg/da)	Ham Protein Oranı (%)					Dekara Tohum Verimi (kg/da)				
	Ekim Zamanı				Orta- lama	Ekim Zamanı				Orta- lama
	20.Nis	1.May	10.Ma y	21.Ma y		20.Nis	1.May	10.May	21.Ma y	
6	9.13	8.84	8.68	9.07	8.93	134.55 C	109.14 B	65.96 B	44.64 A	88.57 C
8	9.30	9.07	8.11	9.23	8.93	150.41 B	119.47 B	84.83 A	49.43 A	101.04 B
10	9.35	8.90	8.69	9.20	9.04	165.98 A	135 A	85.22 A	48.71 A	108.73 A
12	8.65	9.13	8.77	9.48	9.01	152.85 B	110.46 B	74.71 AB	49.92 A	96.98 B
Ortalama	9.11	8.97	8.57	9.25	8.98	150.95 A	118.52 B	77.68 C	48.18 D	98.83
F _{değerleri} :	Ekim zamanı: 4,215 ö.d; Ekim normu: 0,190 ö.d Ekim Zamanı × Ekim Normu: 1,268 ö.d					Ekim zamanı: 169,896** ; Ekim normu:39,211** Ekim Zamanı × Ekim Normu: 5,410**				
C.V.(%) :	5,6302					41,4015				
L.S.D. (%) :						Ekim zamanı: 18,170; Ekim normu:5,303 Ekim Zamanı × Ekim Normu: 10,606				

** % 1 düzeyinde önemli; * % 5 düzeyinde önemli; ö.d: önemli değil

3.3. Bitki Başına Çiçek Kümesi Sayısı (adet/bitki)

Deneme sonuçlarına göre elde edilen değerler ekim zamanları, ekim normları ve ekim zamanı × ekim normu interaksiyonu bakımından % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Deneme sonucuna göre çiçek kümesi sayısı genel ortalaması 9.04 adet/bitki olarak elde edilmiştir. Bitki başına en fazla çiçek kümesi sayısı 1. ekim zamanı ve 6 kg/da ekim normunda 17.06 adet olarak, en düşük çiçek kümesi sayısı ise 4. ekim zamanı 10 kg/da ekim normunda 4.3 adet olarak elde edilmiştir. Geçmişte yapılan bazı çalışmalara bakıldığında, Shercland ve Ujihara (1995) çiçek küme sayısını 10-91 adet arasında, Katar ve Katar (2017) 8.30-17.56 adet arasında, Bavec vd. (2002) ise 4.9-8.4 arasında tespit etmişlerdir. Deneme sonunda elde edilen değerlerin geçmişte yapılan bu çalışmalara bakıldığında benzerlik gösterdiği görülmektedir. Ancak Tseng ve Huang (1992)' ın Tayvan' da yaptıkları çalışmalarda elde ettikleri 14-36 adet/bitki çiçek kümesi sayısından düşük olmuştur. Bunun nedeninin ise farklı bölgesel iklim ve çevre faktörlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Karabuğdayda çiçek kümesi sayısı ile dal sayısı arasında olumlu bir ilişki mevcuttur (Joshi, 2005). Bu çalışmada ekim zamanlarının ilerlemesi ve ekim normlarının artması sonucu dal sayısındaki azalmanın aynı zamanda çiçek kümesi sayısını da azalttığı görülmektedir. Ayrıca karabuğday bitkisinde çiçekler, çiçeklenme dönemindeki 30 °C'nin üzerindeki sıcaklıklara karşı hassastır (Janos ve Gocs, 2009). Bu nedenle karabuğday bitkisinde çiçeklenme döneminin daha serin hava koşullarında gerçekleşmesi için ekim zamanı önemlidir. Bu çalışmada ekim zamanlarının ilerlemesi ile birlikte bitkinin çiçeklenme dönemleri daha sıcak zamanlarda gerçekleşmiş ve çiçek kümesi sayısında azalmaya neden olmuştur. Birim alana atılan tohumluk miktarı arttıkça bitki başına düşen yaşam alanı azalmakta ve buna bağlı olarak ta bitkilerde dallanma ile çiçek kümesi sayısında azalma görülmektedir.

3.4. Tek Bitki Tohum Verimi (g/bitki)

Deneme sonuçlarına göre elde edilen değerler ekim zamanları bakımından % 1 düzeyinde, ekim normları bakımından % 5 düzeyinde önemli bulunurken, ekim zamanı × ekim normu interaksiyonu bakımından önemsiz bulunmuştur. Deneme sonuçlarına göre tek bitki tohum verimi genel ortalaması 1.68 g olarak elde edilmiştir. Ekim zamanları bakımından en yüksek tek bitki tohum verimi 1. ekim zamanında 3.12 g, en düşük tek bitki tohum verimi 0.64 g olarak 4. ekim zamanında elde edilmiştir. Ekim normları bakımından ise en yüksek tek bitki tohum verimi 6 kg/da ekim normunda 1.89 g, en düşük tek bitki tohum verimi 12 kg/da ekim normunda 1.37 g olarak elde edilmiştir. Geçmişte yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlara bakıldığında (Joshi,1999; Zhou ve Arora, 1995; Shercland ve Ujihara,1995; Wang, 2004;

Kara,2017) bu çalışmada elde edilen sonuçlarla benzerlik gösterdiği görülmektedir. Bu çalışmada bitkinin incelenen diğer özellikleri olan bitki boyu, dal sayısı ve çiçek kümesi sayısı ile tek bitki tohum verimi arasında pozitif bir ilişki mevcuttur. Ekim zamanının ilerlemesi ve artan ekim normuna bağlı olarak bitki boyu, dal sayısı ve çiçek kümesinde meydana gelen azalma aynı zamanda tek bitki tohum veriminin de doğru orantılı olarak azalmasına neden olmuştur.

3.5. Bin Tane Ağırlığı (gr)

Deneme sonuçlarına göre elde edilen değerler ekim zamanları bakımından % 1 düzeyinde önemli bulunurken ekim normları ve ekim zamanı \times ekim normu etkileşimi bakımından önemsiz bulunmuştur. Deneme sonuçlarına göre bin tane ağırlığı genel ortalaması 26.09 g olarak tespit edilmiştir. Ekim zamanları bakımından en yüksek bin tane ağırlığı 27.93 g ile 1. ekim zamanında elde edilirken, en düşük bin tane ağırlığı ise 23.76 g ile 4. ekim zamanında elde edilmiştir. Ekim normları bakımından ise bin tane ağırlığı ortalamaları arasında önemli bir fark tespit edilmemiştir. Bin tane ağırlığı verimi etkileyen en önemli faktörlerden bir tanesidir. Elde edilecek tohum büyüklüğü genotipler ve farklı çevre koşulları arasında geniş anlamda çeşitlilik göstermektedir (Sohbani et al, 2012). Geçmişte yapılan çalışmalara bakıldığında Güneş vd.(2012) karabuğdayda bin tane ağırlığını 20.9 g ile 26.6 g arasında, Okudan (2015) Aktaş karabuğday çeşidi ile yaptığı çalışmada bin tane ağırlığını 18.7g ile 24.2 g arasında, Gubbels ve Campbell, (1985) 17.4-30.1 gr arasında, Zhou ve Arora (1995), yaygın karabuğdayda bin tane ağırlığının 11-49.5 g arasında, Wang (2004) bin tane ağırlıklarının 19.6 ile 33.5 g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Deneme sonucuna göre ekim zamanının ilerlemesi ile birlikte bin tane ağırlığında azalma meydana gelmiştir. Joshi (2005)' de belirtildiği gibi bitki gelişme süresi ile bin tane ağırlığı arasında olumlu bir ilişki olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada ekim zamanının ilerlemesi ile bitkinin bütün gelişme dönemlerinde azalma meydana gelmiş ve sonuçta bin tane ağırlığı düşmüştür. Ayrıca son ekimlerde sıcaklıkların artmasıyla tohum olgunlaşması hızlanmış ve tohumların fizyolojik olarak tam olgunlaşması için gerekli sürenin kısılması sonucu daha az besin maddesinin tanede toplanmasıyla daha küçük tohumlar elde edilmiştir.

3.6. Hektolitre ağırlığı (kg/hl)

Deneme sonuçlarına göre elde edilen değerler ekim zamanları bakımından % 1 düzeyinde önemli bulunurken ekim normları ve ekim zamanı \times ekim normu etkileşimi bakımından önemsiz bulunmuştur. Deneme sonuçlarına göre hektolitre

ağırlıkları 57.52 kg/hl ile 64.53 kg/hl arasında değişmiş olup, hektolitre ağırlığı genel ortalaması 61.58 kg/hl olarak elde edilmiştir. Ekim zamanları bakımından en yüksek hektolitre ağırlığı 1. ekim zamanında 64.27 kg/hl, en düşük hektolitre ağırlığı 58.28 kg/hl olarak 4. ekim zamanında elde edilmiştir. Yavuz (2014), hektolitre ağırlıklarını 60.181 - 61.054 kg arasında elde etmiş, Katar vd. (2016), güneş karabuğday çeşidinde hektolitre ağırlığının 56.35 kg/hl olduğunu tespit etmişlerdir. Kalinova vd. (2002), ise 7 farklı karabuğday çeşitleri yaptıkları çalışma sonunda hektolitre ağırlıklarını 55.8 - 58.5 kg/hl arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Kara ve Gürbüzer ise hektolitre ağırlığını 51.88 - 56.47 kg/hl arasında elde etmişlerdir. Bu deneme sonucunda elde edilen hektolitre ağırlıkları geçmişte yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Geç yapılan ekimlerde tohum olgunlaşması için gerekli zamanın kısılması sonucu tohumlara yeterli besin elementi taşınmamış ve sıcaklıkların artması ile tohumların kabuk ve endosperm gelişmesi olumsuz etkilenmiştir. Sonuçta tohumlar daha zayıf gelişerek hektolitre ağırlığında bir azalmaya neden olmuştur.

3.7. Ham Protein Oranı (%)

Deneme sonuçlarına göre elde edilen değerler istatistiki anlamda değerlendirildiğinde ekim zamanları, ekim normları ve ekim zamanı × ekim normu interaksyonunun tanede ham protein oranı bakımından önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Çalışmada ham protein oranı değerleri % 8.11 ile % 9.48 arasında değişmiş ve ortalama ham protein oranı % 8.98 olarak elde edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen protein değerine bakıldığında geçmişte yapılan bazı çalışmalar ile (Yıldız ve Yalçın, 2013; Campbell, 1997; Hore ve Rathi, 2002) benzerlik gösterdiği ancak bazı çalışmalarda (Dvoracek vd., 2004; Yavuz, 2014) elde edilen değerlerden düşük olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin yürütüldüğü bölgelerin farklı iklim ve toprak koşullarına sahip olmasından ve kullanılan genotiplerin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışmanın yapıldığı dönemdeki yağışların uzun yıllara göre daha yüksek olmasının ve herhangi bir gübre uygulamasının yapılmamış olmasının da protein oranının düşük elde edilmesinde etkili olduğu düşünülmektedir.

3.8. Dekara Tohum Verimi (kg/da)

Karabuğdayda tohum verimini etkileyen en önemli etkenler toprak şartları ve iklimdir. Karabuğday sınırlı neme, yüksek sıcaklığa ve kuru rüzgarlara karşı hassas olup, bu koşullar tohum verimini düşürmektedir (Acar vd., 2011). Bu çalışmada ekim zamanlarının ilerlemesi ile birlikte dekara tohum veriminde meydana gelen azalmanın, ilerleyen ekim tarihlerinde bitkinin vejetatif olarak daha zayıf gelişmesinden

kaynaklandığı, Brunori vd. (2005)' de belirtildiği gibi verimin toprak üstü vejetatif gelişme ile ilgili olduğu ve tohum verimi ile toprak üstü vejetatif kısım arasında pozitif ilişki olduğu düşünülmektedir.

Deneme sonuçlarına göre elde edilen değerler ekim zamanları, ekim normları ve ekim zamanı \times ekim normu etkisi bakımından % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Deneme sonuçlarına göre tohum verimi genel ortalaması 98.83 kg/da olarak elde edilmiştir. Denemede en fazla tohum verimi 1. ekim zamanı 10 kg/da ekim normunda 165.98 kg/da olarak, en az tohum verimi ise 4. ekim zamanı 6 kg/da ekim normunda 44.64 kg/da olarak elde edilmiştir. Ekim zamanları bakımından inceleme yapıldığında en yüksek tohum verimi 1. ekim zamanında 150.95 kg/da olarak, en az tohum verimi ise 48.18 kg/da olarak 4. ekim zamanında elde edilmiştir. Ekim normları bakımından ise en fazla tohum verimi 10 kg/da ekim normunda 108.73 kg/da olarak elde edilirken, en az tohum verimi 88.57 kg/da olarak 6 kg/da ekim normunda elde edilmiştir. Deneme sonucundan elde edilen dekara tohum verimi değerlerinin geçmişte yapılan çalışmaların (Brunori vd., 2005; Okudan, 2015; Kara ve Gürbüz, 2018) birçoğu ile benzerlik gösterdiği fakat bazı çalışmalarda (Gubbels, 1977; Yavuz, 2014) elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmekte olup, bu farklılığın çalışmaların yapıldığı yılların ve bölgelerin farklı ekolojik koşullara sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışma sonucunda ekim zamanı \times ekim normu etkisinin dekara tohum verimi üzerine önemli etki yaptığı görülmektedir. Bu etki farklı ekim zamanlarında farklı ekim normunun kullanılması gerektiğini ortaya koymaktadır. İlk ekim zamanında (20 Nisan) ekim normunun artırılması verim açısından daha avantajlı olarak görülmekte iken son ekim zamanında (21 Mayıs) birim alana atılacak fazla tohum miktarının verimi önemli ölçüde etkilemediği ve tohum ekonomisi açısından düşük ekim normlarının tercih edilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

4. SONUÇ

Tüm bu sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde karabuğday tarımında önemli olan dekara tohum veriminin yüksek olmasıdır. Dekara tohum verimi kantitatif bir karakter olup, üretimde kullanılan tohumluğun genotipine, üretimin yapıldığı bölgenin ekolojik koşullarına ve yetiştiricilik uygulamalarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Çalışmamızın konusu olan ekim zamanları ve ekim normlarının (dekara atılacak tohumluk miktarı) dekara tohum verimi üzerinde önemli faktörler olduğu elde edilen sonuçlardan görülmektedir. Kütahya/Altıntaş bölgesinde yürütülen bu çalışmada en yüksek tohum verimi 150.95 kg/da ile ilk ekim zamanı olan 20 Nisan tarihinde yapılan ekimden elde edilmiştir. Geciken ekim zamanları ise dekara tohum

veriminde azalmaya neden olmuştur. Dekara atılacak tohumluk miktarında ise en yüksek dekara tohum verimi 108.73 kg/da ile 10 kg/da ekim normundan elde edilmiştir. Ekim zamanı ve ekim normu interaksiyonu dikkate alındığında ise, en yüksek dekara tohum verimi 165.98 kg/da ile 20 Nisan × 10 kg/da uygulamasından elde edilmiştir. Sonuç olarak bölge üreticilerine dekara 10 kg tohumluk kullanmaları ve 20 Nisan tarihinde ekim yapmaları tavsiye edilmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Acar, R., Güneş, A., Aktaş, A.H., 2012. Karabuğdayla Sağlıklı Yaşama Merhaba. Karabuğday Proje Bülteni. Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü. Konya
- Acar, R., Güneş, A., Gummadov, N., Topal, İ., 2011. Farklı Bitki Sıklıklarının Karabuğday' da (*Fagopyrum esculentum* Moench) Verim ve Bazı Verim Unsurlarına Etkisi. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 25(3): 47-51
- Akçura, S., 2013. Çanakkale Koşullarında Karabuğdayda Farklı Ekim Sıklığı ve Sıra Arası Mesafesinin Verim ve Verim Unsurları Üzerine Etkisi (Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Onsekiz Mart Üniversitesi.
- Alvarez - Jubete, L., Arent, E.K., Gallagher, E., 2010. Nutritiv evalue of pseudocereals and the incresing use as functional gluten – free in gredients. Trends in Food Science and Technology 21:106-113
- Anonim, 2018, <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>, erişim tarihi: 01.04.2018
- Barac, S., Biberdzic, M., Dikic, A., 2011. Results of Testing of Seeds and Quality Losses of Harvested Mass Depending On The Drum – Under drum Interspace at Buckwheat Harvest Grain Combines. Research Journal of Agricultural Science. 43(1): 283-288 49
- Bavec, F., Pusnik, S., Rajcan, I., 2002. Yield performance of two buckwheat genotypes grown as a full-season and stubble-crop. Rostlinna Vyroba, 48(8):351-355
- Brunori, A., Brunori, A., Baviello, G., Marconi, E., Colonna, M., Ricci, M., 2005. The Yield of Five Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Varieties Grown in Central and Southern Italy. *Fagopyrum* 22: 98-102
- Campbell, C. G., 1997. Buckwheat. *Fagopyrum esculentum* Moench. Promoting the conservation and use of under utilized and neglected crops. 19. Institute of

- Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Chauhan, R.S., Gupta, N., Sharma, S.K., Rana, J.C., Sharma, T.R., Jana, S., 2010. Genetic and Genome Resources in Buckwheat – Present Status and Future Perspectives. The European Journal of Plant Science and Biotechnology. 4 (Special Issue 1): 33-34
- Christa, K., Soral-Smietana, M., 2008. Buckwheat grains and buckwheat products - nutritional and prophylactic value of their components- a review. Czech J. Food Sci. 26:153-162
- Dizlek, H., Özer, M.S., İnanç, E., Gül H. 2009. Karabuğday'ın (*Fagopyrum esculentum* Moench) bileşimi ve gıda sanayiinde kullanım olanakları. Gıda, (34)5: 317/324
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F. 1987. Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik Metodları). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:1021. Ders Kitabı, 295s.
- Dvoracek, V., Cepkova, P., Michalova, A., 2004. Protein Content Evaluation of Several Buckwheat Varieties. Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat. Prague. pp: 734-736
- Gubbels, G. H. and Campbell, C.G. 1985. Effect of seeding rate on height, yield and quality of large - seeded and semi dwarf buckwheat genotypes. Can. J. Plant Sci. 66: 61-66
- Gubbels, G.H., 1977. Interaction of cultivar, sowing date and sowing rate on lodging, yield and seed weight of buckwheat. Can. J. Plant Sci. 57:317-321
- Güneş, A., Topal, İ., Koç, H., Akaçık, A.G., Bayrak, H., Özcan, G., Taş, M.N., Acar, R., 2012. Farklı Ekim Zamanlarının Karabuğday' da (*Fagopyrum esculentum* Moench) Verim ve Bazı Verim Unsurlarına Etkisi. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu, s:10-14. Tokat
- Hore, D., Rathi, R.S., 2002. Collection, cultivation and characterization of buckwheat in Northeastern Region of India. Fagopyrum 19: 11-15
- IPGRI, 1994. Descriptors for buckwheat (*Fagopyrum* spp.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Janos L. and Gocs L., 2009. Second Crop buckwheat in Nyirseg regions. Analele Universității din Oradea, Fascicula: Protecția Mediului, 19:190-195
- Joshi, B.D., 1999. Status of Buckwheat in India. Fagopyrum, 16: 7-11.
- Joshi, B.K., 2005. Correlation, regression and patch coefficient analyses for some yield components in Common and Tartary buckwheat in Nepal. Fagopyrum 22:77-82

- Kalinova, J., Moudry J., Curn, V., 2002. Technological quality of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). ROSTLINNA VYROBA, 48: 279-284.
- Kan, A., 2014. A new plant for Turkey; Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). Biological Diversity and Conservation. 7(2): 154-158 52
- Kara, N., 2017. Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench)' da Morfolojik Variabilite. Türk Tarım – Gıda ve Teknoloji Dergisi. 5(9): 1057-1060
- Kara, N., Gürbüzer, G., 2018. Karabuğdayın Yazlık Olarak Isparta Doğal Yağış Koşullarında Farklı Ekim Zamanlarında Yetiştirilme Olanaklarının Araştırılması. Türk Tarım – Gıda ve Teknoloji Dergisi. 6(1): 46-50
- Katar, D., Katar, N., 2017. Eskişehir Ekolojik koşullarında Farklı Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench) Çeşidinde Uygun Ekim Normunun Belirlenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 26(1): 31-39
- Katar, D., Olgun, M., Turan, M., 2016. Analysis of Morphological and Biochemical Characteristics of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) in Comparison with Cereals. CyTA-Journal of Food. 14 (2) :176-185.
- Knezevic, M., Juric, I., Baketa, E., 1994. Influence of Planting Date and Variety on Some Characteristics of Buckwheat Plants in Eeastern Croatia. *Fagopyrum* 14: 55-58
- Ohnishi, O., 2004. Wild Buckwheat Species in the San Jiang (Three Rivers) Area of South western China. Advances of Buckwheat Research. Proceedings of the 9th International Symposium on. Prague. pages: 226-232
- Okudan, D., 2015. Farklı Azot Dozlarının Karabuğdayın (*Fagopyrum esculentum* Moench) Tane Verim ve Kalitesine Etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi. 53
- Omidbaigi, R. and De Mastro, G., 2004. Influence of Sowing Time on the Biological Behaviour, Biomass Production, and Rutin Content of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). Ital. J. Agron., 8(1): 47-50
- Oplinger, E.S., Oelke, E.A., Brinkman, M.A., Kelling, K.A., 1989. Buckwheat. Alternative FieldCrops. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/buckwheat.html>, erişim tarihi:09.04.2016
- Pavek, P.L.S., 2016. Plant Guide for buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). USDA-Natural Resources Conservation Service, Pullman Plant Materials Center. Pullman, WA
- Przybylski, R. And Gruczynska, E., 2009. A Review of Nutritional and Nutraceutical Components of Buckwheat. The European Journal of Plant Science and Biotechnology. 3 (Special Issue 1) :10-22

- Racys, J. And Montviliene, R., 2005. Effect of Bees - Pollinators in Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Crops. Journal of Apicultural Science. Vol.49 No. 1 : 47-51
- Rana, J.C., 2004. Buckwheat Genetic Resources Management in India. Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat. Prague. PP: 271-281
- Shercland, K., Ujihara, A., 1995. Studies on Some Morphological and Agronomical Traits of Buckwheat in Nepal. Current Advances in Buckwheat Research, pp: 285-293 54
- Sohbani, M.R., Rahmikhdoev, G., Mazaheri, D., Majidian, M., 2012. Effect of sowing date, cropping pattern and nitrogen on CGR, yield and yield component summer sowing buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). J. Appl. Environ. Biol. Sci. 2(1): 35-46
- Tseng, S-H, Huang, S-C, 1992. Studies on Increasing Grain Yield of Buckwheat in Taiwan. Bulletin of Taichung District Agricultural Improvement Station. 35:1-10
- Valenzuela, H., Smith, J. 2002. Buckwheat. Sustainable Agriculture Green Manure Crops. University of Hawai. Manoba.
- Vojtiskova, P., Kmentova, K., Kuban, V., Kracmar, S., 2012. Chemical Composition of Buckwheat Plant (*Fagopyrum esculentum*) and Selected Buckwheat Products. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences.1 (February Special Issue) :1011- 1019
- Wang, Y., 2004. Performance of Buckwheat Varieties in the National Coordinated Trial at Erdos Location. Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat. Prague. Pp: 481-483
- Yavuz, H., 2014. Aydın Ekolojik Koşullarında Farklı Ekim Sıklığının Karabuğday' da (*Fagopyrum esculentum* Moench.) Verim ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Adnan Menderes Üniversitesi. 55
- Yıldız, N., ve Yalçın, E. 2013. Karabuğdayın (Buckwheat) Kimyasal, Besinsel ve Teknolojik Özellikleri. Gıda 38 (6): 383-390
- Zhou, M. and Arora, R.K., 1995. IPGRI Activities on Buckwheat Genetic Resources. Current Advances in Buckwheat Research. pp:71-78

THE EFFECT OF EPIBRASSINOLIDE ON SEED GERMINATION AND SEEDLING GROWTH IN RADISH (*RAPHANUS SATIVUS* L.)

Asist. Prof. Dr. Seda USTA GEZER

Istanbul University

Asist. Prof. Dr. Serap SAĞLAM

Istanbul University

Abstract: Brassinosteroids (BRs) have recently been classified as new plant hormones. They can be found in all plant organs and it is known that BR promote plant growth, development and germination in different plants. In this study, the germination percentage was calculated of radish seeds (*Raphanus sativus* L.) which were germinated in different epibrassinolide (eBL) concentrations (10^{-5} M, 10^{-7} M, 10^{-9} M, 10^{-11} M). Root and hypocotyl lengths, fresh and dry weights and membrane differentiations were determined at 10 days old seedlings. Epibrassinolide (eBL) is preferred in this study because it is the active form of BR. It was shown that 10^{-7} M and 10^{-9} M eBL solutions have promotive effects on seed germination whereas 10^{-5} M eBL have inhibitory effect. During the seedling growth, root elongation was stimulated by 10^{-9} M eBL, inhibited by 10^{-5} M eBL. There was no significant difference on hypocotyl length. When 10^{-9} M eBL solution was heightened fresh weight of all organs; 10^{-11} M eBL, 10^{-5} M eBL ve 10^{-9} M eBL were heightened dry weight of root, hypocotyl and cotyledon, respectively. It was thought that, the membrane permeability was protected by 10^{-9} M eBL by the results. It is hoped that BR will lead to reduce food supply problems and promoting developments in agricultural sector.

Key words: Epibrassinolide, Radish, Seed Germination, Seedling Growth

1. INTRODUCTION

Seeds have great importance as functional units for forming new generations. Approximately 70-80% carbohydrate, 10-25% protein, 5-3% lipid in the structure of the seeds whose chemical contents are controlled by genetic factors, are usually stored in seed endosperm, cotyledons or perisperm of some plants (Yentür, 1995;

Prego et al., 1998). Protein synthesis begins immediately after the imbibition phase of the germination process and the activity of protein synthesis enzymes are also increased. Proteolytic enzymes convert proteins into nitrogenous compounds used in various parts of the seedling (Khera and Tilney-Bassett, 1976). Germination consists of three stages where the seed gets water, protein synthesis starts and seedling development begins (Bewley and Black, 1994; Kösesakal, 2005). Ethylene reduces dormancy and ethylene production is less in dormant seeds (Esashi, 1991). In the recent years, the stimulating effect of brassinosteroids on peroxidase (POD) activity is being investigated (Churikova-Vladimirova, 1997; Volynets et al., 1997). High POD activity is thought to be associated with the growth of the plant (Hayat and Ahmad, 2003). It can be countable among the promoters, of germination: GA, cytokinin, potassium nitrate, tiourea, stigrol. Also among the inhibitors are; ABA, cyanide, dinitro phenol azide, hydroxylamine, coumarin, morfaktin, trans-cinnamic acid, caffeic acid, ferulic acid, parasorbic acid (Mayer and Mayber 1982, Srivastava, 2002). The seed also contains IAA, gibberellic acid (GA), zeatin, and abscisic acid (ABA) as the secondary metabolite products.

Brassinosteroids (BR) have recently been classified as a new plant hormone by many investigators (Müssig and Altman, 1999; Asami and Yoshida, 1999). BR can be found in all plant organs, pollens, flowers, shoots, leaves, fruits and seeds (Fujioka, 1999). When vascular differences, flower and fruit development, root growth, seedling morphogenesis were examined, it was observed that IAA and BR worked together (Bao and others, 2004; Sánchez et al., 2004). BR which is effective in growth (Arfan et al., 2019), germination, senescence, inflorescence, abscission, maturation and abiotic stress (Sasse, 1997), stem elongation, pollen tube elongation, epinasti, root inhibition, ethylene biosynthesis, proton pump activation, xylem differentiation and gene expression regulation (Clouse and Sasse, 1998; Li and Chory, 1999). BR plays a role in the control of scotomorphogenesis (Cevahir et al., 2008). BR promotes epicotil elongation in soybeans and peas; hypocotyl elongation in sunflower and cucumber; pedunkul elongation in Arabidopsis, coleoptil elongation in wheat, accelerates chlorophyll degradation and inhibits anthocyanin biosynthesis (Sağlam-Çağ et al., 2007). It has been observed by the researchers that the BRs promote germination in different plants (Steber and Mc Court, 2001; Leubner-Metzger, 2001; Hayat and Ahmad, 2003; Kucera et al., 2005).

GA and BR show parallel effects in terms of elimination of the adverse effects of ABA on cell elongation and germination. In mutants with no GA; BR promotes germination and increases sensitivity to GA, decreases ABA accumulation (Ha et al., 2018). BR promotes the biosynthesis of GA in light and soaked Arabidopsis seeds

(Steber and Mc Court, 2001). IAA and BR operate synergistically, but the IAA and BR show different effects on root growth. BR inhibites the root growth by promoting ethylene production, while IAA promotes (Arteca et al., 1983). Nowadays, information about the physiology and biochemistry of seed germination is still insufficient. In this study the effect of eBL, which is accepted as a new plant hormone, was investigated on germination and seedling development of radish (*Raphanus sativus* L.) seeds which have important economic value in agricultural production. The aim of the research is to lead to promising developments in food supply problem.

2. MATERIAL AND METHOD

The seeds and seedlings of *Raphanus sativus* L. (radish), which have economic and medical value, were used in the experiments of this study. The radish seeds (WMZ 0447/06113) which has the percentage of germination 78%, were taken from May Tohumculuk (Bursa). Epibrassinolide (Sigma-E 1641) [(22R, 23R) -2 α , 3 α , 22,23-Tetrahydroxy-7-oxa-B-homo-5 α -ergostane-6-one] 78821-43-9; 72962-43-7 (it is solved in ethanol) was used in this study. The chemecial structure of 24-epibrassinolide can be seen in Figure 1.

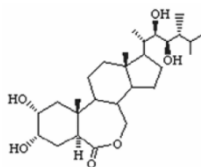


Figure 1: Chemecial structure of 24-epibrassinolide

Radish seeds which were kept in petri dishes for one night in distilled water (Control group) and at different experimental concentrations (10^{-5} M, 10^{-7} M, 10^{-9} M, 10^{-11} M eBL), were allowed to be germinated and growed up in a growth chamber set at 6000 luks light intensity, 12 hours under photoperiod and temperature 26 ± 2 °C for 10 days.

Percentage of germination: Control and 10^{-5} M, 10^{-7} M, 10^{-9} M, 10^{-11} M eBL concentrations treated radish seeds which left imbibition for 24 hours and then transferred to petri dishes were been watched until the control group's germination percentage become constant (from 1st to 5th day). The germination rate were

expressed as percentage for every 24 hours. The determination of the radicle from the testa is considered as the germination criterion.

Measurement of Growth: The root and hypocotyl lengths of 10 days old seedlings were measured by using millimeter scale and values were given in mm. On the harvested seedlings which were 10 day old, biochemical analyzes were carried out in different organs.

Measurement of Fresh and Dry Weight: After the fresh weights of the roots and hypocotyls of seedlings were taken, they were dried in the oven (80°C) until the weight remained constant (7 days) and dry weights were determined. Values were expressed in mg as a histogram graph.

Measurement of Changes in Membrane Permeability: Fresh weights of all seedlings were taken to measure the changes in membrane permeability. The cotyledons were placed in filter paper containing 8 ml of distilled water and placed in 7 cm diameter petri dishes. They were kept in 25°C oven for 24, 48 and 72 hours. At the end of these periods, the absorbance of the samples taken from the liquid medium in the petri dishes were measured in the spectrophotometer at value of 280 nm (Po-ovaiah and Leopold, 1976; Cevahir, 1992).

3. STATISTICAL CALCULATIONS

In the experiments, measurements were been made on different number of extracts. Standard deviations were calculated using the following formulas: $\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$, \bar{X} = Arithmetic mean, $\sum X_i$: Sum of values (sum of all values of variable from first to N.), N: Repeated number of experiments; $s = \frac{\sum X_i^2}{N}$, s = Standard deviation, X_i = Deviation value

4. RESULTS

The effect of brassinosteroids on germination has been investigated by many researchers. The germination percentage of *Eucalyptus camaldulensis* seeds treated with 24-eBL increased (Sasse et al., 1995). Prusakova et al. (2004) suggested that 10^{-11} M and 10^{-7} M eBL applications were fostered seed germination. In this study, the effect of epibrassinolid on germination and seedling development of radish seed was investigated. In the study, germination of seeds in 10^{-7} M and 10^{-9} M eBL solutions were increased by 14% when compared with control (Table 1). Figure 2 shows the comparison germination percentages of radish seeds in first 5 days and Figure 3 shows different concentrations of eBL treated radish seeds' first day germination status.

Table 1: Radish seeds' germination percentages in first 5 days

Concentration	1. Day	2. Day	3. Day	4. Day	5. Day
Control	44	62	68	71	74
10 ⁻⁵ M eBL	35	57	65	69	73
10 ⁻⁷ M eBL	52	75	78	80	84
10 ⁻⁹ M eBL	51	73	79	83	85
10 ⁻¹¹ M eBL	46	64	70	71	73

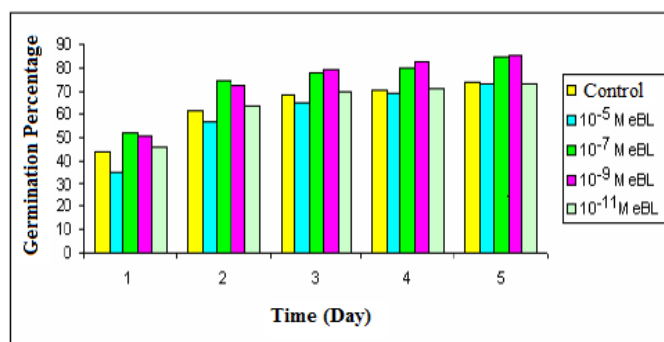


Figure 2: Comparison of germination percentages of radish seeds in first 5 days

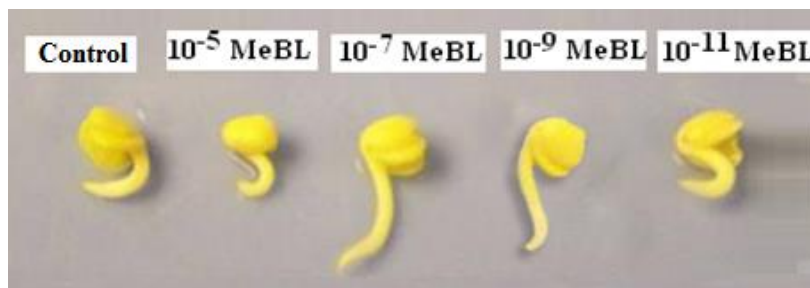


Figure 3: Different concentrations of eBL treated Radish seeds' first day germination status

When the effect of eBL on root and stem length was examined, it was found that the root length of 10⁻⁹M eBL treated seedlings increased by 45% when compared with control (Figure 4).



Figure 4: Different concentrations of eBL treated 10 days old Radish seedlings

The root length was been fostered in 10^{-9} M environment while inhibited in the 10^{-5} M eBL application (62%) (Table 2).

Table 2: 10 days old seedlings' root lengths

Concentration	Root Length (mm)
Control	55.06 ± 3.0310
10^{-5} M eBL	20.85 ± 2.5137
10^{-7} M eBL	59.93 ± 3.9538
10^{-9} M eBL	80.27 ± 5.2476
10^{-11} M eBL	65.00 ± 4.1494

The weight of radish seedlings' root fresh weights were decreased by 27% in 10^{-5} M eBL application when compared with control, while increased in 10^{-9} M eBL environment by 49% (Table 3). On the dry weight of the roots, it was observed that the 10^{-11} M eBL concentration had the stimulating effect (36%) (Table 4).

Table 3: 10 days old seedlings' root fresh weights

Concentration	Fresh Weight (mg./ Root)
Control	36.20 ± 3.6701
10 ⁻⁵ M eBL	26.37 ± 3.2115
10 ⁻⁷ M eBL	38.28 ± 3.4240
10 ⁻⁹ M eBL	53.93 ± 6.3073
10 ⁻¹¹ M eBL	50.71 ± 3.4792

Table 4: 10 days old seedlings' root dry weights

Concentration	Dry Weight (mg./ Root)
Control	1.26 ± 0.0989
10 ⁻⁵ M eBL	0.72 ± 0.0793
10 ⁻⁷ M eBL	1.25 ± 0.1206
10 ⁻⁹ M eBL	1.32 ± 0.1710
10 ⁻¹¹ M eBL	1.72 ± 0.1704

No difference was observed in other concentrations compared to the control, but a decrease of 43% in 10⁻⁵M was taken attention.

While Sasse (1991) stated that BRs promote growth in young vegetative tissues, Takatsuto et al. (1983), applied BL to the roots of radish and tomato seedlings and found that BL fosters the length of the hypocotyl. In this study, the hypocotyl length of the seedlings which were treated with 10⁻⁷M eBL increased by only 11%, whereas the other concentrations did not make a difference when compared with the other and the control (Table 5).

Table 5: 10 days old seedlings' hypocotyl lengths

Concentration	Hypocotyl Length (mm)
Control	29.69 ± 2.8354
10 ⁻⁵ M eBL	29.67 ± 2.8902
10 ⁻⁷ M eBL	33.06 ± 2.2610
10 ⁻⁹ M eBL	29.50 ± 1.3818
10 ⁻¹¹ M eBL	30.31 ± 2.0235

Similarly, there was no significant difference between the fresh weights (Table 6) and dry weights of hypocotyls (Table 7). Only a small amount (11%) of the dry weight increase of the seedlings grown in 10^{-5} M eBL solution was observed.

Table 6: 10 days old seedlings' hypocotyl fresh weights

Concentration	Fresh Weight (mg./ Hypocotyl)
Control	42.55 ± 1.8721
10^{-5} M eBL	41.98 ± 3.5890
10^{-7} M eBL	46.04 ± 3.1921
10^{-9} M eBL	53.18 ± 2.6295
10^{-11} M eBL	46.67 ± 3.7402

Table 7: 10 days old seedlings' hypocotyl dry weights

Concentration	Dry Weight (mg./ Hypocotyl)
Control	2.01 ± 0.1830
10^{-5} M eBL	2.25 ± 0.1701
10^{-7} M eBL	1.98 ± 0.1308
10^{-9} M eBL	2.03 ± 0.2373
10^{-11} M eBL	2.23 ± 0.1943

A significant increase (76%) was observed in the fresh weight of cotyledons of 10 days old radish seedlings which were grown up in 10^{-9} M eBL solution when compared with control (Table 8). The 10^{-5} M eBL concentration was also showed an enhancing (46%) effect on the fresh weight of cotyledon. The dry weight of cotyledons was generally increased when compared with the control, but the most significant difference (46%) was found in cotyledons of seedlings grown in 10^{-9} M eBL solution (Table 9).

Table 8: 10 days old seedlings' cotyledons fresh weights

Concentration	Fresh Weight (mg./ Cotyledon)
Control	37.67 ± 2.2628
10 ⁻⁵ M Ebl	55.06 ± 3.4082
10 ⁻⁷ M Ebl	43.61 ± 4.1498
10 ⁻⁹ M Ebl	66.49 ± 6.1335
10 ⁻¹¹ M Ebl	43.21 ± 3.3811

Table 9: 10 days old seedlings' cotyledons dry weights

Concentration	Dry Weight (mg./ Cotyledon)
Control	3.37 ± 0.2113
10 ⁻⁵ M eBL	4.01 ± 0.3584
10 ⁻⁷ M eBL	4.08 ± 0.3683
10 ⁻⁹ M eBL	4.94 ± 0.4612
10 ⁻¹¹ M eBL	3.31 ± 0.2612

As a result of the incubation of the seedling growing for 10 days in water, in increasing eBL solutions for 24, 48 and 72 hours in water, the amount of molten substance infiltrated into the aqueous medium has decreased gradually (Table 10 and Figure 5).

Table 10. The optical density values of the amount of substance leaking into the incubation medium from 10⁻⁵ M, 10⁻⁷ M, 10⁻⁹ M and 10⁻¹¹ M eBL treated 10 days old radish seedlings measured by time-dependent spectrophotometer with a wavelength of 280 nm

Time	Optical Density (280 nm)				
	Control	10 ⁻⁵ M eBL	10 ⁻⁷ M eBL	10 ⁻⁹ M eBL	10 ⁻¹¹ M eBL
24	0.266	0.195	0.217	0.446	0.358
48	0.379	0.372	0.474	0.461	0.554
72	0.415	0.500	0.768	0.489	1.11

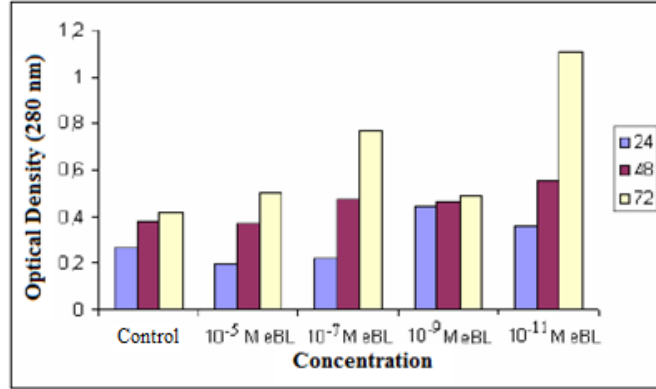


Figure 5: Time-dependent change in the amount of infiltration into the incubation medium of 10 days old radish seedlings treated with 10^{-5} M, 10^{-7} M, 10^{-9} M and 10^{-11} M eBL.

The reason for this decrease was interpreted as the eBL's providing membrane integrity during seedling development.

5. DISCUSSION

BRs were found to promote germination in *Arabidopsis*, wheat, tomatoes and rice (Yamaguchi et al., 1987; Dong et al., 1987; Steber and Court, 2001; Hayat and Ahmad, 2003). Leubner-Metzger (2001) showed that BR and GA stimulate tobacco seed germination in different ways, and expressed that BR promotes seed germination in cases where there is no GA, by strengthening the growth potential. There are also researchers who have stated that Ethylene and BR promote germination; ABA inhibits the stimulating effect of BR in the same way as GA (Kucera et al., 2005). Ali et al. (2005), showed that 10^{-8} M HBL increased germination compared to higher concentrations. As a matter of fact in this study, germination percentage of seeds which were found in 10^{-5} M eBL was determined low. Germination enhancing effect was found in low concentrations. The low concentrations of BR were thought to be more effective on metabolism and this has been demonstrated by some researchers (Rao et al., 2002; Müssig et al., 2003; Aşçı et al., 2018). Çavuşoğlu (2006) showed that BR had the same effect as control over the percentage of germination in barley seeds. Beside BR's have encouraging effect on seedling growth, it has been reported that both plant-stimulating and inhibitory effects of eBL on root growth of various plant species. Prusakova et al. (2004) stated

that the eBL concentrations between 10^{-7} M and 10^{-11} M have an encouraging effect on stem growth.

There are also studies indicating that low concentrations of eBL stimulate root elongation (Müssig et al., 2003; Howell et al., 2007). On the other hand, the inhibitory effects of BRs on root elongation have also been reported by scientists (Roddick and Guan, 1991; Roddick, 1994; Jones-Held et al., 1996; Hunter, 2001). In this study, it was concluded that 10^{-5} M eBL could have an inhibitory effect on root growth by stimulating ethylene biosynthesis in the root. Generally BR applications to roots inhibited primer root elongation and lateral root formation. This inhibitory effect comes true by promotion of BR on ethylene biosynthesis in cell (Schlagnhauser et al., 1984; Arteca et al., 1985; Woeste et al., 1999; Yi et al., 1999; Arteca and Arteca, 2001). The available information supports our studies on the inhibition of root growth at high concentrations. There isn't enough information about how the eBL affects the weight change of plants depending on concentration. Braun and Wild (1984) found that the fresh weight of mustard seedlings was increased with eBL application and encouraged length growth. Similarly, Zhang et al. (2007) found that BR stimulates fresh and dry weight increase in the seedlings that grow from BR application. In this study, the seeds that the germination percentages were increased by 10^{-7} M eBL and 10^{-9} M eBL applications showed parallel results with the increase of fresh weight measurements (especially in 10^{-9} M eBL) when become 10 days old seedling. Although root elongation was increased at 10^{-9} M eBL solution and inhibition at 10^{-5} M eBL solution were determined and parallel to these findings fresh weight and inhibition at the same concentrations were found for hypocotyl, the differences in hypocotyl were relatively low. This concentration (10^{-9} M) was considered to be the optimum concentration for the root length increase. Also, fresh weight gain in the cotyledons was seen most clearly in 10^{-9} M eBL application. While the application of 10^{-7} M and 10^{-9} M eBL made a very clear difference during germination, this difference was generally reduced on the 10th day of seedling growth. However, it can be said in the experiments that these two concentrations have an encouraging effect on seedling growth.

On the other hand, the increase of fresh weight of cotyledons of seedlings exposed to 10^{-5} M eBL application has been thought that the metabolism in the cells of these organs was accelerated. The root's non-developed being presents a contradictory situation. In the inhibitor effect shown solutions, the matter shows an antitranspirant effect that reduces the ability of passive water of seedlings' by making osmotic stress (Larque-Saavedra, 1978; Gutierrez-Coronado et al., 1998; Çanakci

and Munzuroglu; 2000). It is known that the water absorption power and the fresh weight of the seeds are increased by converting the macromolecules in the seed into the precursors formed as a result of destruction (Bialecka and Kepczynski, 2003). Özdemir et al. (2004), specified BR has reduced the rice seedling's root fresh weight, while the fresh weight of the stem increases. Amzallag (2001) found in a study, BR has increased the fresh weight of the root and stem of the seedling.

In this study, it was clearly seen that on 10 days old radish seeds' roots dry weight treated by 10^{-11} M eBL concentration has encouraging, 10^{-5} M eBL has inhibitory effect. The fresh weight change was parallel to the dry weight change according to the control. The dry weight of hypocotyls did not show a significant difference compared to the control. When the dry weight of cotyledons were compared with control, %46 increase was found in the seedlings' cotyledons which were growth in 10^{-9} M eBL solution and %19 increase was found in the seedlings' cotyledons which were growth in 10^{-5} M and 10^{-7} M eBL solutions. It has been suggested that toxic effect disrupted hormone balance, affect negatively growth and development by reducing DNA, RNA and protein synthesis, inhibiting mitotic division in plant cells and inhibiting the deposition and transport mechanism of storage material in germinated seed (Tekin and Bozcuk, 1997). In this study, the possibility of 10^{-5} M eBL's becoming toxic concentration for the root was emphasized because of the decrease of root's fresh and dry weight after the application. However, this concentration was found to promote protein synthesis in the root. The increase in the amount of protein is connected with the increasing synthesis of some catabolic enzymes which is increased biosynthesis.

There is still little information about the role of ion transport systems during cell elongation that BR promotes. According to Zhang et al. (2005), the increase of cell elongation promoted by HBL was associated with the strength of hyperpolarization of the plasma membrane. However, when changes in membrane permeability of 10 days old radish seedlings were examined, it was noted that the amount of leaking substances was decreased with increasing eBL concentration.

The leakage to the medium of the substance of well developed seedlings in 10^{-9} M eBL concentration where root growth is intensive found relatively low and no significant difference in the amount of leakage over time, can show that membrane integrity become more effective increasingly. When the growth process is examined, it is difficult to explain the correlation with the available information. 10^{-5} M eBL encourages the hyperpolarization of the cell membrane and the entry of substances into the cell is restricted.

In this study, the effect of eBL on the germination and seedling development of radish seeds which have economic value in the agricultural sector was investigated. If seed germination and the events occurring in the development of seedlings can be well defined and clarity of the hormone concentrations that work in these events can be presented, healthy and fertile fertilizers can be raised. This study was planned with the hope that BRs will lead to promising developments.

This study was produced from the master dissertation project titled “The effect of epibrassinolide on seed germination and seedling growth in radish (*Raphanus sativus* L.)” supported by the Scientific Research Projects Executive Secretariat of Istanbul University with the number T-5/15122006.

6. REFERENCES

- Ali, B., Hayat, S. & Ahmad, A. (2005). Response of germinating seeds of *Cicer arietinum* to 28-homobrassinolide and/or potassium. *Gen. Appl. Plant Physiology*, 31(1-2), 55-63.
- Amzallag, G.N. (2001). Data analysis in plant physiology: are we missing the reality? *Plant Cell Environment*, 24, 881-890.
- Arfan, M. , Zhang, D., Zou, L., Luo, S., Tan, W., Zhu , T.,& Lin, H. (2019). Hydrogen peroxide and nitric oxide crosstalk mediates brassinosteroids induced cold stress tolerance in *Medicago truncatula*. *Int. J. Mol. Sci.*, 20, 144.
- Arteca, R.N., Tsai, D.S., Schlagnhauser, C. & Mandava, N.B. (1983). The effect of brassinosteroid on auxin-induced ethylene production by etiolated mung bean segments. *Physiologia Plantarum*, 59, 539-544.
- Arteca, R.N., Bachman, J.M., Yopp, J.H. & Mandava, N.B. (1985). Relationship of steroidal structure to ethylene production by etiolated mung bean segments. *Physiol Plant*, 64, 13–16.
- Arteca, J.M. & Arteca, R.N. (2001). Brassinosteroid-induced exaggerated growth in hydroponically grown *Arabidopsis* plants. *Physiol Plant*, 112, 104–112.
- Asami, T. & Yoshida, S., (1999). Brassinosteroid biosynthesis inhibitors. *Trends in Plant Science*, 4(9), 348-353.
- Aşçı, Ö.A., Deveci, H., Erdeğer, A., Özdemir, K.N., Demirci, T. & Baydar, N.G. (2018). Brassinosteroid uygulamalarının munstead lavander çeşidinde bitki

- gelişimi ile sekonder metabolit üretimi üzerine etkileri. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(10): 1448-1454.
- Bao, F., Shen, J., Brady, S.R., Muday, G.K., Asami, T. & Yang, Z. (2004). Brassinosteroids interact with auxin to promote lateral root development in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, 134, 1624–1631.
- Bewley, J.D. & Black, M.(1994).*Seeds: Physiology of development and germination*, 2nd edition. Plenum Pres, New York.
- Bialecka, B. & Kępczynski, J.(2003).Regulation of α -amylase activity in *Amaranthus caudatus* seeds by methyl jasmonate, gibberellin A3, benzyladenine and ethylene. *Journal of Plant Growth Regulation*, 39, 51-56.
- Braun, P. & Wild, A.(1984).The influence of brassinosteroid on growth and parameter of photosynthesis of wheat and mustard plants. *Journal of Plant Physiology*, 116 (3), 189-196.
- Cevahir, G. (1992). The relation between salt stress and senescence in *Helianthus annuus* seedlings. *İstanbul Üniv. Fen Fak. Biyoloji Der.* 56, 35-36.
- Cevahir, G., Yentür, S., Eryılmaz, F. & Yılmaz, N. (2008). Influence of brassinosteroids on pigment content of *Glycine max* L. (Soybean) grown in dark and light. *Journal of Applied Biological Sciences*, 2 (1), 23-28.
- Churikova V.V. & Vladimirova, I.N. (1997). Effect of epibrassinolide on activity of enzymes of oxidase metabolism of cucumber in peronosporous epiphytotia conditions. *Plant Growth and Developments Regulators*, Moscow.
- Clouse, S.D.& Sasse, J.M.(1998). Brassinosteroids: Essential regulators of plant growth and development. *Annu. Rev.of Plant Physiol. and Plant Mol. Biol.*, 49, 427- 451.
- Çanakçı, S. & Munzuroğlu, Ö. (2000). Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) ve mısır (*Zea mays* L.) fidelerine yapraktan püskürtme yoluyla asetilsalisilik asit uygulamasının transpirasyon hızı ve ağırlık değişimleri üzerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7 (1), 83-92.
- Çavuşoğlu, K. (2006). Arpa ve turp tohumlarının normal şartlar altındaki çimlenme fide büyümesine bazı bitki büyüme düzenleyicilerinin etkileri. *SDÜ Fen- Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi (E-Dergi)*, 1(1-2), 1-13.
- Dong, J.W., Lou, S.S., Han, B.W., He, Z.P. & Li, P M. (1989).*Brassinosteroids – Chemistry, bioactivity and applications* (eds Cutler, H. G., Yokota, T. and Adam, G.). *Am. Chem. Soc.*, Washington DC.
- Esashi Y. (1991).*Ethylene and seed germination, The Plant Hormone Ethylene*, A.K. Matoo and J. C.Suttle, (eds) CRC Press, Boca Raton, FL.

- Fujioka, S. (1999) *Brassinosteroids: Steroidal plant hormones*, Eds. A Sakurai, T Yokota, SD Clouse, Springer-Verlag, Tokyo.
- Gutierrez-Coronado, M.A., Trejo-Lopez, C. & Larque-Saavedra, A. (1998). Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiol. Biochem.*, 36 (8), 563-565.
- Ha, Y.M., Dami, Y.S., Kyoung, Y., & Nam, H. (2018). Brassinosteroid reduces ABA accumulation leading to the inhibition of ABA-induced stomatal closure. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 504, 1, 143-148.
- Hayat, S. & Ahmad, A. (2003). 28-Homobrassinolide induced changes favoured germinability of wheat grains. *Bulg. Journal of Plant Physiology*, 29(1-2), 55-62.
- Howel, W.M., Keller III G.E., Kirkpatrick, J.D., Jenkins, R.L., Hunsinger, R.N. & McLaughlin, E.W. (2007). Effects of the plant steroidal hormone, 24-epibrassinolide, on the mitotic index and growth of onion (*Allium cepa*) root tips. *Genet. Mol. Res.*, 6 (1), 50-58.
- Hunter, W.J., (2001). Influence of root applied epibrassinolide and carbenoxolone on the nodulation and growth of soybean (*Glycine max* L.) seedlings. *Jour. Agronomy and Crop Science*, 186 (4), 217-221.
- Jones-Held, S., Vandoren, M. & Lockwood, T. (1996). Brassinolide application of *Lepidium sativum* seeds and the effects on seedling growth. *J. Plant Growth Regul.*, 15, 63-67.
- Khera, P.K. & Tilney-Bassett, R.A. (1976). Fine structural observations of the cotyledons in germinating seeds of *pelargonium Xhortorum* bailey: with normal and mutant plastids. *Protoplasma*, 88(2-4), 201-214.
- Kösesakal, T. (2005). *Domateste (Lycopersion esculentum Mill.) tohum çimlenmesi ve bitki büyümesi üzerine çinkonun etkisi*. Unpublished master dissertation, İstanbul University.
- Kucera B, Cohn M.A. & Leunber-Metzger, G. (2005). Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. *Seed Science Research*, 15, 281-307.
- Larque-Saavedra, A. (1978). The antitranspirant effect of acetylsalicylic acid on *Phaseolus vulgaris* L. *Physiol. Plant.*, 43, 126-128.
- Leubner-Metzger, G. (2001). Brassinosteroids and gibberellins promote tobacco seed germination by distinct pathways. *Planta*, 213, 758-763.
- Li, J. M. & Chory, J. (1999). Brassinosteroids action in plants. *J. Exp. Bot.*, 50, 275-282.

- Mayer, A.M. & Poljakoff-Mayber, A. (1982). *The Germination of seeds*, 3rd edition, Pergamon Pres Ltd. U.K., 0-08-028854-5.
- Müssig, C. & Altmann, T. (1999). Physiology and molecular mode of action of brassinosteroids. *Plant Physiology and Biochemistry*, 37(5), 363-372.
- Müssig, C., Shin, G.H. & Altman, T. (2003). Brassinosteroids promote root growth in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, 133, 1261-1271.
- Poovaiah, B.W. & Leopold, A.C. (1976). Effects of inorganic salts on tissue permeability. *Plant Physiol.*, 58, 182-185.
- Prego, I., Maldonado, S. & Otegui, M. (1998). Seed structure and localization of reserves in *Chenopodium quinoa*. *Annals of Botany*, 82, 481-488.
- Prusakova, L.D., Kolotovkina, Y.B., Azarkovich, M.I. & Khripach, V.A. (2004). Epibrassinolide treatment changes the polypeptide composition of buckwheat fruits. *Doklady Biochemistry and Biophysics*, 397, 232-234.
- Rao, S.S.R., Vardhini, B.V., Sujatha, E. & Anuradha, S. (2002). Brassinosteroids – a new class of phytohormones. *Curr. Sci.*, 82, 1239-1245.
- Roddick, J.G. & Guan, M. (1991). *Brassinosteroids and root development*. In: *Brassinosteroids: Chemistry, Bioactivity, and applications* (Cutler HG, Yokota T and Adam G, eds.). American Chemical Society, Washington.
- Roddick, J.G. (1994). Comparative root growth inhibitory of four brassinosteroids. *Phytochemistry*, 37, 1227-1281.
- Sağlam-Çağ, S. (2007). The Effect of epibrassinolide on senescence in wheat leaves. *Biotechnol. Eq.*, 21, 63-65.
- Sánchez, M.A., Mateos, I., Labrador, E. & Dopico, B. (2004). Brassinolides and IAA induce the transcription of four α -expansin genes related to development in *Cicer arietinum*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 42, 9, 709-716.
- Sasse, J.M. (1991). *The case for brassinosteroids as endogenous plant hormones*. In *Brassinosteroids-Chemistry, Bioactivity, and Applications*, H.G. Cutler, T. Yokota, and G. Adam, eds (Washington, DC: American Chemical Society).
- Sasse, J.M., Smith, R. & Hudson, R. (1995). Effect of 24-epibrassinolide on germination of seeds of *Eucalyptus* in saline conditions. *Proc. Plant Grow. Regul. Soc. Am.*, 22, 136-141.
- Sasse, J.M. (1997). Recent progress in brassinosteroid research. *Physiologia Plantarum*, 100, 697-701.
- Schlagenhauer, C., Arteca, R.N. & Yopp, J.H. (1984). A brassinosteroid-cytokinin interaction on ethylene production by etiolated mung bean segments. *Physiol Plant*, 60: 347-350.

- Srivastava, L.M. (2002). *Plant growth and development, hormones and environment*. Academic Press, California, 0-12-660570-X.
- Steber M.C. & McCourt, P. (2001). A role for brassinosteroids in germination in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.*, 125, 763–769.
- Takatsuto, S., Yazawa, N., Ikekawa, N., Takematsu, T., Takeuchi, Y. & Koguchi, M. (1983). Structure-activity relationship of brassinosteroid. *Phytochemistry*, 22, 2437-2441.
- Tekin, F. & Bozcuk, S. (1997). *Helianthus annuus* L. var. Santafe (Ayçiçeği) tohumlarının çimlenmesi ve erken büyüme üzerine tuz ve dışsal putresin'in etkileri. *Tr.J. of Biology*, 22 (1998) 331-340.
- Özdemir, F., Bor, M., Demiral, T. & Türkan, İ. (2004) Effects of 24- epibrassinolid on seed germination, seedling growth, lipid peroxidation, proline content and antioxidative system of rice (*Oryza sativa* L.) under salinity stres. *Plant Growth Regulation*, 42, 203-211.
- Volynets A. P., Pschenichnaya, L.A., Manzhelesova, N.E., Morozik, G.V. & Khripach, V.A. (1997). The nature of protective action of 24-epibrassinolide on barley plants. *Proc. Plant Growth Regul. Am. Soc.*, 24, 133–137.
- Woeste, K.E., Vogel, J.P. & Kieber, J.J. (1999). Factors regulating ethylene biosynthesis in etiolated *Arabidopsis thaliana* seedling., *Physiol. Plant*, 105, 478–484.
- Yamaguchi, T., Wakizuka, T., Hirari, K., Fuzii & Fuzita, A. (1987). *14th Annual Meeting Plant Growth Regul.*, Soc. Am.(ed. Cooke, A. R.), Honolulu, Hawaii.
- Yentür, S. (1995). *Bitki Anatomisi*. İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 975-404-351-5.
- Yi, H.C., Joo, S., Nam, K.H., Lee, J.S., Kang, B.G. & Kim, W.T. (1999). Auxin and brassinosteroid differentially regulate the expression of three members of the 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase gene family in mung bean (*Vigna radiata*L.). *Plant Mol Biol* , 41, 443–454.
- Zhang, Z., Ramirez, J., Rebutier, D., Brault, M., Trouverie, J., Pennarun, A.M., Amiar, Z., Biligui, B., Galagovsky, L. & Rona J.P.(2005). Brassinosteroids regulate plasma membrane anion channels in addition to proton pumps during expansion of *Arabidopsis thaliana* cells. *Plant Cell Physiol.*, 46(9), 1494–1504.
- Zhang, S., Hu, J., Zhang, Y., Xie, X.J. & Knapp, A. (2007). Seed priming with brassinolide improves lucerne (*Medicago sativa* L.) seed germination and seedling growth in relation to physiological changes under salinity stres. *Australian Journal of Agricultural Research*, 58(8), 811–815.

SU ÜRÜNLERİNDE KALİTE İNDEKS METOT (KİM)'U

Doç. Dr. Zayde AYVAZ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Mehmet ERDAĞ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Özet: Dünyada üretilen balıkların, 2014 yılında doğrudan insan gıdası olarak değerlendirilen 67 milyon tonluk kısmının taze ve soğutulmuş olarak sunulduğu belirtilmiştir. Türkiye’de kişi başına düşen su ürünleri tüketim miktarı 5,4 kg olarak tespit edilmiştir. Su ürünleri, yüksek besin değerlerine sahip olması ve zayıf bağ dokusu nedeni ile sindirilebilirliği yüksek değerli bir gıdadır. Ancak raf ömrü diğer pek çok gıdaya göre daha kısadır. Bu nedenle taze su ürünlerinin kalitesi kısa süre içinde değişmektedir. Su ürünlerinde kalite kontrolü çeşitli kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik analizlerin yanı sıra duyu analizleri ile de yapılmaktadır. Taze su ürünlerinde kullanılan en yaygın duyu analiz Kalite İndeks Metodu (KİM)’dir. Gelişimi 1980’lerin başından beri devam eden bu metot, hem araştırmacılar tarafından hem endüstri tarafından kullanılabilmesini sağlamak amacıyla Hollanda, İzlanda ve Danimarka’da bulunan üç araştırma enstitüsünün dahil olduğu bir web sayfasından en güncel hali ile sunulmaktadır. Bu sayfada 13 farklı tür için 11 farklı dilde KİM kullanıcıların faydasına açılmıştır. KİM’in kullanım prensibi genellikle buz kullanılarak depolanan balıkların değerlendirilmesine dayanır. 0 ile 3 arası puanlama ile değerlendirilen ölçütler, toplam puanın aralığına bağlı olarak, balığın tazeliği hakkında fikir sunar. Bir ölçütün “0” puan almış olması onun depolamanın başında taze bir balık olduğu anlamına geldiği ön görülür. Genel olarak KİM’de 2 ile 4 puanlamanın üzerinde olmayan ve 10 taneyi geçmeyen ölçütler belirlenmemesi istenir. Daha sonra tüm ölçütlerin puanları toplanarak, daha önce belirlenmiş olan Kİ sınırları içerisinde olup olmadığı belirlenir. Buna göre balığın tazeliği hakkında karar verilir. İdeal değerlendirmenin “0”dan başlaması beklenir. Yani balığın başlangıçta taze olması istenir. Bu derleme çalışmasında amaç; KİM analizini doğru biçimde tanımlamak ve en güncel çalışmaların sonuçlarını paylaşmaktır.

Anahtar Kelimeler: Kalite belirleme, Kalite İndeks Metodu, Duyusal Analiz, Su Ürünleri

Quality Index Method (QIM) in Aquatic Products

Abstract: It is stated that 67 million tons of fish, which are considered as direct human food in 2014, are presented fresh and chilled. The falling consumption of fish per capita in Turkey was determined to be 5.4 kg. Aquatic products have high nutritional value and high digestibility due to poor connective tissue. However, the shelf life is shorter than many other foods. For this reason, the quality of fresh aquatic products changes in a short time. Quality control in seafood products is carried out with various chemical, physical and microbiological analyzes as well as sensory analysis. The most common sensory analysis used for fresh seafood is the Quality Index Method (QIM). This method, which has been in progress since the early 1980s, is presented in the most up-to-date form from a web page that includes three research institutes in the Netherlands, Iceland and Denmark, both for researchers and for the industry. This page has been opened to the benefit of KIM users in 11 different languages for 13 different types. The principle of use of KIM is based on the evaluation of fish stored in ice. The criteria evaluated by scoring from 0 to 3 give an idea of the freshness of the fish, depending on the range of the total score. It has been suggested that having a score of 0 means that it is a fresh fish at the beginning of its storage. In general, QIM does not exceed 2 or 4 points and does not exceed 10 criteria. Then, the scores of all the criteria are collected to determine whether they are within the QI boundaries specified previously. According to this, the freshness of the fish is decided. The ideal evaluation is expected to start at 0. In other words, the fish is initially asked to be fresh. The purpose of this review is; To correctly identify QIM analysis and to share the results of the most recent studies.

Keywords: Quality Determination, Quality Index Method, Sensorial Analysis, Aquatic Products

1. GİRİŞ

En temel gıda kaynaklarımızdan biri olan su ürünleri, geçmişte büyük oranda avcılık yöntemiyle elde edilirken günümüzde su ürünlerinin yarıya yakını okyanus ve deniz suları ile iç sularda, yetiştiricilikle (kültür balıkçılığı) elde edilmektedir (FAO, 2017). Türkiye’de avcılıkla elde edilen toplam balık miktarı 2016 yılında 335.320 ton olarak kaydedilmiştir. Yetiştiricilikle ise yine aynı yılda 151.794 tonu deniz ve 101.601 tonu tatlı su olmak üzere toplamda ise 588.715 ton üretim yapılmıştır (TÜİK, 2018). Dünyada üretilen balıkların, 2014 yılında doğrudan insan gıdası olarak değerlendirilen 67 milyon tonluk kısmının taze ve soğutulmuş olarak sunulduğu belirtilmiştir (FAO, 2016). Türkiye’de kişi başına düşen su ürünleri tüketim miktarı 5,4 kg olarak tespit edilmiştir (TÜİK, 2018). Su ürünleri, yüksek besin

değerlerine sahip olması ve zayıf bağ dokusu nedeni ile sindirilebilirliği yüksek değerli bir gıdadır. Ancak raf ömrü diğer pek çok gıdaya göre daha kısadır.

1.1. Kalite kontrolde KİM analizi

Tüketiciler su ürünlerini satın almadan önce çeşitli organoleptik karakteristikleri yorumlar. Bu karakteristikler koku, görünüş ve tekstür olarak gruplandırılabilir. Bunların içerisinde balık kalitesini değerlendirmede kullanılan ilk karakteristik, “görünüş”tür. Görünüşe bağlı tazelik kriterleri şunlardır: Gözleri parlak, dışa bombeli, dolgun ve şişkindir. Göz bebeği siyah ve ön tabaka şeffaf olur. Taze balığın derisi parlaktır ve ışık yansımaları olur. Taze balığın solungaçları canlı kırmızı olur. Balık bayatladıkça bu renk değişerek solar. Ancak bu genel geçer kurallar kişiden kişiye değişebildiği gibi ortam şartlarına, ışığın geliş açısına ve gücüne, balığın gözünde su ve buza temas nedeniyle şeffaflaşma başlangıcı olup olmaması gibi pek çok faktöre bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bunun sonucu olarak taze bir balık bayat, bayat bir balık ise taze olarak değerlendirilebilmektedir. Tüm bunların yanı sıra belirtilen tazelik kriterleri ve tazelik kavramı kişiden kişiye değişim göstermektedir.

Tazelik belirlemede kullanılan duyu analizi metotları şunlardır:

- Farklılık testleri
- Tasnif şemaları
- Kalite indeks metodu (KİM)
- Tanımlayıcı duyu analizler
- Tüketici testleri (hedonik)

Su ürünlerinde tazeliğin belirlenmesi ve kesin bir sonuca ulaşılması en büyük zorluklardan biridir. Belirli bir yöntemin geliştirilmesi sağlandığında bile bu yöntemin su ürünleri gibi pek çok tür ve o türe ait özelliklere sahip canlıların bulunduğu bir topluluk için uygulanması güçtür. Buna rağmen şu anda kullanılan en yaygın yöntem Kalite İndeks Metodu (Quality Index Method-KİM)'dir. Bu metot, Tazmanya Gıda Araştırma Ünitesi (Tasmanian Food Research Unit (TFRU)) tarafından Avustralya'da, 1980'lerin başında geliştirilmiştir. Ancak geliştirildiği yer Güney Yarımküre olduğundan, buraya has balıkların incelenmesinde kullanılabilecek şemalar, Kuzey Yarımküre ve özellikle Avrupa ülkeleri için uygun değildir. Bu nedenle, Avrupa'da bir araştırma grubu kurulmuş ve Avrupa Birliği değerlendirme şeması geliştirilmiştir. Ancak bu şemanın karışık olması ve bir özelliğin belirlenmesinde kullanılacak puanlamanın geniş aralıklara sahip olması nedeniyle başarılı bulunmamıştır. Tüm bu özellikleri karşılayacak bir şema henüz geliştirilemese de KİM'in, farklı ülkelerde, farklı balıklara kolaylıkla modifiye edilebilmesi, kesin sonuç vermesi ve

anlaşılabilirliğinin yüksekliği nedeniyle kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu özelliklerinin yanı sıra KİM'in; hızlı, kullanımı ucuz, kalıntı bırakmayan ve diğer duyu analizlerle karşılaştırıldığında objektif özelliklere sahip olduğu düşünülmektedir (Martinsdóttir vd, 2009: 44). KİM'in güncelliğini ve hem araştırmacılar tarafından hem endüstri tarafından kullanılabilmesini sağlamak amacıyla Hollanda, İzlanda ve Danimarka'da bulunan üç araştırma enstitüsünün KİM-Eurofish Foundation'a ait aktif bir web sayfası bulunmaktadır (www.qim-eurofish.com) ve bu sayfada bulunan şemalar 13 farklı tür için 11 farklı dilde kullanıma sunulmuştur. Yardımcı olacağı düşünülerek fotoğraflar da eklenmiştir.

1.2. KİM analizinin değerlendirilmesi

KİM'in kullanım prensibi genellikle buz kullanılarak depolanan balıkların değerlendirilmesine dayanır. 0 ile 3 arası puanlama ile değerlendirilen ölçütler, toplam puanın aralığına bağlı olarak, balığın tazeliği hakkında fikir sunar. Bir ölçütün (örneğin solungaç rengi) "0" puan almış olması onun depolanmanın başında taze bir balık olduğu anlamına geldiği ön görülür. Genel olarak KİM'de 2 ile 4 puanlamanın üzerinde olmayan ve 10 taneyi geçmeyen ölçütler belirlenmemesi istenir. Daha sonra tüm ölçütlerin puanları toplanarak, daha önce belirlenmiş olan Kİ sınırları içerisinde olup olmadığı belirlenir. Buna göre balığın tazeliği hakkında karar verilir. İdeal değerlendirmenin "0"dan başlaması beklenir. Yani balığın başlangıçta taze olması istenir (Martinsdóttir vd, 2009: 44). KİM, Tazmanya Gıda Araştırma Ünitesi tarafından geliştirilmiş bir su ürünleri tazelik belirleme sistemidir ve araştırmalarda referans metotlar kategorisinde değerlendirilir (Rehbein ve Oehlenschläger, 2009: 322). Bu metot her bir balık türü için ayrı ayrı oluşturulmalıdır. Bugüne kadar pek çok balık için (ringa, somon, kırmızı balık, palamut, uskumru vb.) KİM şemaları oluşturulmuştur (Sveinsdóttir vd, 2002:237). KİM şemalarında belirlenen özellikler buzda depolanan su ürünlerinin değişebilen ve takip edilebilen özelliklerini içerir. Bu şema ile gözün, solungaçların, tekstürün ve derinin ilk günden son güne kadar değişimlerini gözlemek mümkündür. Örneğin Çipura balığı için KİM şeması Çizelge 1 de gösterilmiştir (Erdağ, 2019:32).

Çizelge 1. Levrek ve Çipura Balığı için KİM Tablosu

Tarih	İsim		
Genel Durum	Balığın durumu	Sert	0
		Sıkı	1
		Yumuşğa yakın	2
		Yumuşak	3
	Abdomen	Sert	0
		Yumuşak	1
Patlamış		2	
Deri	Görünüm/Renk	Parlak, hareket ettirdikçe yanar döner	0
		Donuk, renk değişimi başlangıcı	1
		Abdomen yeşil, sarımsı	2
	Koku	Taze, yosunsu, doğal	0
		Metalik, salatalık gibi	1
		Ekşi, bayat	2
		Çürük, kokuşmuş	3
	Tekstür	Sert, rigorda	0
		Basıp çektiğinde hemen düzelir	1
		Basıp çektiğinde hemen düzelmez	2
	Mukus	Açık renk	0
		Sütümsü, yoğun	1
Kahverengi, koagüle, bozuk		2	
Gözler	Gözbebeği görüntüsü	Berrak, siyah, metalik parlak	0
		Gri	1
		Donuk, gri, opak	2
Gözler	Şekil	Konveks	0
		Yassı	1
		Konkav	2
	Kornea	Berrak	0
		Opağa yakın	1
		Sütümsü renk	2
Solungaçlar	Renk	Tamamen bozuk	3
		Kırmızı, turuncu	0
		Parlak kırmızı, pembe, kahverengi	1
		Gri, kahverengi	2
	Mukus	Tamamen Kahverengi	3
		Transparan	0
KİM Puanı		Sütümsü, yoğun	1
		Kahverengi, koagüle, bozuk	2
		0-26	

Bu gözlemlere ait tanımlamalar sıfır (0) puan ile başlar ve en kötü olduğu tanıma ait puan en fazla üç (3) olabilir (Cheng ve Sun, 2015:892). Tüm parametrelere ait tanımların puanları toplandığında ise KİM değeri tespit edilmiş olur. KİM sonuçları ile raf ömrü arasında lineer bir ilişki bulunmaktadır (Martinsdóttir vd, 2001:426). Torry skor şeması ve KİM arasında da anlamlı bir ilişki bulunmuştur (Martinsdóttir vd, 2001:425; Rehbein ve Oehlenschläger, 2009:322).

2. SONUÇ

KİM analizi taze su ürünlerinin kalitesinin belirlenmesinde kullanılan en yaygın duyu analizi. Bu analiz her su ürünü için ayrı ayrı geliştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle KİM hakkında yapılan çalışmalar süreklilik arz etmekte ve güncellenmektedir. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki KİM analizi güvenilirliği yüksek, insan faktörünün belirgin biçimde etkin olduğu bir analiz yöntemidir. Daha objektif analizler için modernizasyon çalışmaları devam etmektedir. Ancak günümüzde ticari işletmeler tarafından kullanımı devam etmekte olan bir analiz biçimidir.

3. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenmiştir (Proje Numarası: FYL-2016-934) ve hazırlanan Yüksek lisans tez çalışmasının bir kısmından derlenmiştir.

4. KAYNAKLAR

- CHENG J. ve SUN D. (2015). Data Fusion and Hyperspectral Imaging in Tandem with Least Squares-Support Vector Machine for Prediction of Sensory Quality Index Scores of Fish Fillet. *LWT - Food Science and Technology*, 63(2): 892-898.
- ERDAĞ, M. (2019). Bazı Deniz ve Tatlısu Balıklarının Renk Değişimlerinin Bilgisayarlı Görüntüleme Sistemi ile 4Cde Depolama Boyunca İzlenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- FAO. (2016). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016, Contributing to food Security and Nutrition for All*. Rome, Italy. 200 p

- FAO. (2017). FAO Yearbook Fisheries and Aquaculture Statistics 2015, Rome, Italy. 107 p.
- MARTINSDÓTTIR E. SCHELVIS R. HYLDIG G. ve SVEINSDÓTTIR K. (2009). Sensory Evaluation of Seafood: Methods. Fishery Products–Quality, Safety and Authenticity, Wiley-Blackwell, 425-443.
- MARTINSDÓTTIR E. SVEINSDOTTIR K. LUTEN J. SCHELVIS-SMIT R. ve HYLDIG G. (2001). Sensory Evaluation of Fish Freshness. Reference Manual for the Fish Sector, QIM-Eurofish, Ijmuiden, the Netherlands, 49 p.
- REHBEIN H. ve OEHLENSCHLAGER J. (2009). Fishery Products: Quality, Safety and Authenticity. John Wiley & Sons Ltd. Publication, Chichester, West Sussex, UK. 477 p.
- SVEINSDÓTTIR K. HYLDIG G. MARTINSDOTTIR E. JØRGENSEN B. ve KRISTBERGSSON K. (2003). Quality Index Method (QIM) Scheme Developed for Farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*). Food Quality and Preference, 14: 237-245.
- TÜİK (2018). Su ürünleri istatistikleri. <https://www.tarimorman.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BSGM.pdf> Erişim tarihi 14.11.2018

GELENEKSEL YAPILARIN TOPRAK DAMLARI OLARAK KULLANILAN SIKIŞTIRILMIŞ ZEMİNLERİN HİDROLİK İLETKENLİĞİNE MİNERAL KATKILARIN ETKİSİ

Alper KOYUTÜRK

Yıldız Teknik Üniversitesi

Ayşenur ASLAN FİDAN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Saadet Arzu BERİLGİN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Özet: Mineral katkı maddelerinin sıkıştırılmış zeminlerin mukavemeti üzerindeki etkileri birçok çalışmada incelenmesine rağmen, hidrolik iletkenlik üzerindeki etkileri konusunda literatürde sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada; mimari özellikleri bozulmaya başlamış olan Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Erzincan İli Kemaliye ilçesi ve çevresinde bulunan geleneksel konutların, mimari özgünlüğünü bozmadan, düz dam malzemesi olarak kullanılan iki farklı zemine, öğütülmüş yüksek fırın cürufu ve uçucu kül katkıları ekleyerek hidrolik iletkenliğini azaltarak, yağış nedeniyle toprak damlarda oluşan sızmayı önlemek, yapının bakım ihtiyacını azaltmak ve bu yeni uygulamayı yerinde uygulayarak geleneksel yapı kültürünün devamlılığına katkı sağlamak amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: hidrolik iletkenlik, yüksek fırın cürufu, uçucu kül

Giriş

Kemaliye ilçesi ve yakın köylerinde bulunan geleneksel konut yapılarının zaman içinde göç gibi farklı nedenlerden dolayı terk edilmesi, özellikle düzenli bakım gerektiren düz damlarda ciddi hasarlara neden olmuştur. Söz konusu toprak damlardaki loğ taşıyla sıkıştırma tekniği ile sağlanan geçici sızdırmazlığının kalıcı olmasını sağlamak, zemin malzemesinin hidrolik iletkenliğini azaltmak ve mevcut yapıya en uygun dam modelini geliştirmek için damlarda kullanılan iki farklı killi kum zemin örneği Kemaliye bölgesinden alınmış olup ağırlıkça farklı oranlarda; öğütülmüş

yüksek fırın cürufu ve uçucu kül eklenerek sabit basınç altında hidrolik geçirgenliğe etkisi incelenmiştir.

DeneYler ve Method

Çalışmamız boyunca Kemaliye bölgesinden temin edilen ve yerel isimleri Gavcin ve Yaş-Kuru olan bu zeminlere geoteknik laboratuvarında; likit ve plastik limit[1], elek analizi [2], hidrometre analizi[3], spesifik gravite (piknometre) [4] deneyleri yapılarak zeminlerin indeks özellikleri belirlenmiştir. İndeks özellikleri belirlenen zemin numunelerine kompaksiyon (Standart Proctor)[5] deneyi yapılarak optimum su muhtevası (wopt) ve kuru birim hacim ağırlıkları (γk) bulunmuştur. Daha sonra her iki zemine de ağırlıkça %10, %20, %30 ve %40 oranlarında; öğütülmüş yüksek fırın cürufu (ÖYFC) ve uçucu kül eklenmiştir. Söz konusu yeni karışımlara da kompaksiyon (Standart Proctor)[5] deneyi yapılarak optimum su muhtevası (wopt) ve kuru birim hacim ağırlığı (γk) bulunmuş ve katkıların zeminin su muhtevası (wopt) ve kuru birim hacim ağırlığı (γk) üzerindeki etkileri gözlenmiştir. Tablo 1 ve Tablo 2 de yapılan kompaksiyon deneyleri ile zeminin ağırlıkça %10, %20, %30 ve %40 oranlarında; öğütülmüş yüksek fırın cürufu ve uçucu kül katkılı ve katkısız hallerinin standart proctor enerjisi altında en iyi sıkıştığı değerler gösterilmiştir. Karışımlar aynı oranlarda tekrar sıkıştırılarak sabit seviyeli permeabilite deneyi[6] ile hidrolik iletkenliği ölçülmüştür.

Gavcin Zemini İndeks Özellikleri

Çakıl (%)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	LL(%)	PL(%)	Ip(%)	Cu	Cc	Gs
26,760	42,000	21,100	10,140	29	21	8	500	1,8	2,76

Yaş Kuru Zemini İndeks Özellikleri

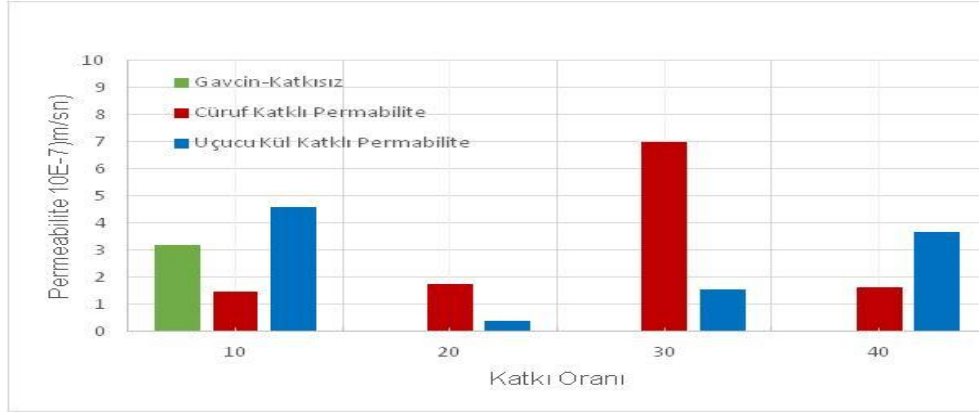
Çakıl (%)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Cu	Cc	Gs	LL-PL
6,789	84,291	6,920	2,000	7,5	0,768	2,71	NP

ZEMİN SINIFI	W_{opt} (%)	γ_{kmax} (gr/cm ³)
GAVCİN	11	2
GAVCİN +%10 CÜRUF	11	2,01
GAVCİN +%20 CÜRUF	12,5	2
GAVCİN +%30 CÜRUF	12,5	1,95
GAVCİN +%40 CÜRUF	13,5	1,92
GAVCİN +%10 UÇUCU KÜL	10,5	2,01
GAVCİN + %20 UÇUCU KÜL	9,5	2,03
GAVCİN +%30 UÇUCU KÜL	11	1,98
GAVCİN +%40 UÇUCU KÜL	10,5	1,96

Tablo-1 Kompaksiyon Sonuçları Gavcin, Gavcin+Uçucu Kül, Gavcin+ÖYFC

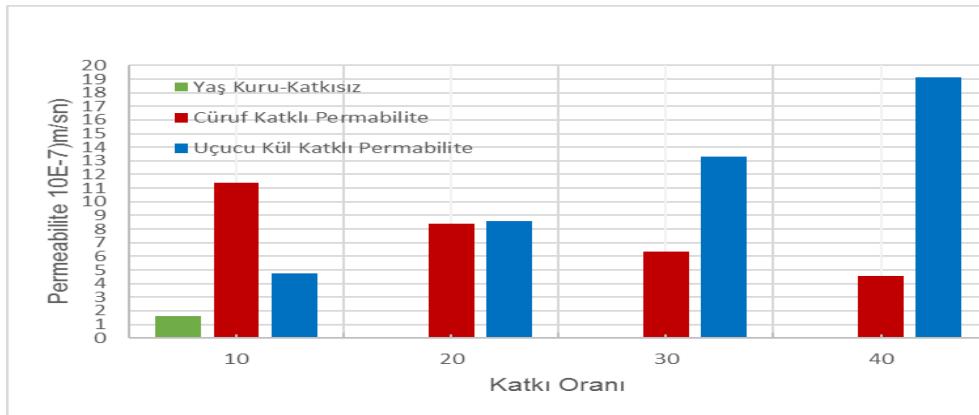
ZEMİN SINIFI	W_{opt} (%)	γ_{kmax} (gr/cm ³)
YAŞKURU	20	1,73
YAŞKURU +%10 CÜRUF	20	1,75
YAŞKURU +%20 CÜRUF	19,5	1,74
YAŞKURU +%30 CÜRUF	19	1,78
YAŞKURU +%40 CÜRUF	19	1,78
YAŞKURU +%10 UÇUCU KÜL	19	1,745
YAŞKURU + %20 UÇUCU KÜL	17	1,78
YAŞKURU +%30 UÇUCU KÜL	17	1,77
YAŞKURU +%40 UÇUCU KÜL	16	1,765

Tablo-2 Kompaksiyon Sonuçları: Yaşkuru, Yaşkuru+Uçucu Kül, Yaşkuru +ÖYFC



Tablo-3 Gavcin Permeabilite Deneyleri Hidrolik Geçirgenlik Sonuçları

Gavcin zemininin hidrolik geçirgenliği Tablo-3’de görüleceği üzere $3,2 \cdot 10^{-7}$ m/sn’dir. %10 ÖYFC katkıli karışım $1,48 \cdot 10^{-7}$ m/sn ye düşmüş olup %20 ÖYFC katkıli karışımında ise bu değer $1,74 \cdot 10^{-7}$ m/sn okunmuştur. %30 ÖYFC katkıli karışımında $7 \cdot 10^{-7}$ m/sn değerine yükseldiği gözlenirken %40 ÖYFC katkıli karışımında ise $1,63 \cdot 10^{-7}$ m/sn değerine düştüğü gözlenmiştir. Yine Gavcin zemininin uçucu kül katkıli karışımlarında katkısız değer $3,2 \cdot 10^{-7}$ m/sn gözlenirken %10 için $4,6 \cdot 10^{-7}$ m/sn ve %20 katkıli değer de $0,38 \cdot 10^{-7}$ m/sn okunmuştur. %30 katkıli değer $1,57 \cdot 10^{-7}$ m/sn okunurken %40 katkıli değer ise $3,66 \cdot 10^{-7}$ m/sn okunmuştur.



Tablo-4 Yaş Kuru Permeabilite Deneyleri Hidrolik Geçirgenlik Sonuçları

Yaşkuru zemini incelendiğinde Tablo-4’de de görüleceği üzere hidrolik geçirgenliğin $1,6*1E-7$ m/sn olduğu okunmuştur. ÖYFC katkılı karışımlarda %10 oranı için bu değer $11,4*1E-7$ m/sn okunurken %20 oranı için $8,36*1E-7$ m/sn okunmuştur. Yine ÖYFC katkılı karışımlar için %30 oranında bu değer $6,36*1E-7$ m/sn okunmuşken %40 oranında $4,56*1E-7$ m/sn değeri okunmuştur. Yaşkuru zemininin uçucu küllü karışımlarına bakıldığında %10 katkılı karışımda okunan değer $4,71$ m/sn olurken %20 katkılı karışımda bu değer $8,6*1E-7$ m/sn okunmuştur. Yine uçucu küllü karışımlar incelendiğinde %30 katkılı karışımda okunan değer $1,3*1E-6$ olurken %40 katkılı karışım için bu değer $1,9*1E-6$ okunmuştur.

Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada Kemaliye bölgesinden temin edilen ve yerel isimleri Gavcin ve Yaş-Kuru olan zeminlere ağırlıkça farklı oranlarda; öğütülmüş yüksek fırın cürufu ve uçucu kül eklenerek sabit basınç altında hidrolik geçirgenliğe etkisi incelenmiştir.

Gavcin isimli zemine %10 %20 ve %40 oranlarında ÖYFC eklendiğinde hidrolik iletkenliğin azaldığı görülürken %30 oranında hidrolik iletkenliğin arttığı görülmüştür. Yine gavcin zeminine %20 ve %30 oranında uçucu kül eklendiğinde hidrolik iletkenliğin azaldığı görülürken %10 ve %40 oranında uçucu kül eklendiğinde bu değer arttığı görülmüştür.

Gavcin zeminiyle elde olunan karışımların hidrolik iletkenlik açısından en geçirimsiz olanı $0,38*1E-7$ m/sn değeriyle %20 uçucu kül karışımıdır.

Yaş kuru isimli zeminle yapılan katkı çalışmalarında katkıların hidrolik geçirgenliğin azalması yönünde bir etki oluşturmadığı aksine hidrolik geçirgenliği artırıcı yönde bir etki yaptığı gözlenmiştir.

Kaynaklar

- ASTM D4318 - 17e1 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
- ASTM D6913 / D6913M - 17 Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis
- ASTM D7928 - 16e1 Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Fine-Grained Soils Using the Sedimentation (Hydrometer) Analysis
- ASTM D854 -14 Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer
- ASTM D 698-D1557 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort
- ASTM D2434 - 68(2000) Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head)

TOPRAK EROZYONUN TARİHİ

Doç. Dr. Ayten EROL GÖRÜR
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Özet: Toprak bozulması ve su kaynaklarının kirliliği ciddi bir çevresel problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun başlıca nedeni, nüfus artışıyla birlikte meydana gelen yoğun arazi kullanımı ve arazi yönetimindeki yanlışlıklardır. Bu problemin en kesin kanıtı ise toprak erozyonudur. Toprak erozyonu ile mücadele tarihsel süreç içinde erken dönemlere kadar gitmektedir. Ancak yirminci yüzyılın ortalarına doğru farklı alanlarda ele alındığı ve erozyonun önlenmesi konusuna ağırlık verildiği görülmektedir. Nüfus artışıyla birlikte artarak devam eden erozyon küresel bir sorundur. Sorunun tarihi süreç içindeki durumunu değerlendirmek konunun hem uzun vadede etkili olduğunu, hem de alınacak önlemler bakımından yeterli politikaların olması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu bildiri; erozyonun tarihi süreç içerisindeki durumu, toprak erozyonuna bağlı problemler ve alınan önlemler konusunda örnekler verilmiş ve günümüz koşullarında gelinen nokta kısaca değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Erozyon olgusu, Erozyonun tarihi, Arazi kullanımı, Erozyon kontrolü

History of Soil Erosion

Abstract: Soil degradation and pollution of water resources have always been a serious environmental problem. The main reason of the problem is intensive land use and mistakes in land management that occur with population growth. The most definitive evidence for this problem is soil erosion. Combating soil erosion goes back to the early stages in the historical process. However, it was seen that in the middle of the twentieth century, it was detected in different areas and it was focused on preventing erosion. Erosion with increasing population is a global problem. Assessing the status of the problem within the process reveals that the issue is both effective in the long term and that there should be adequate policies in terms of the measures to be taken. Assessing the status of the problem within the process reveals that the issue is both effective in the long term and that there should be adequate policies in terms of the measures to be taken.

In this paper, examples of the erosion phenomenon in the historical process, problems related to soil erosion and erosion control measures taken are given, and the current situation was briefly evaluated.

Key words: Erosion phenomenon, History of erosion, Land use, Erosion control

1. GİRİŞ

Erozyon genel olarak, toprağın su ve rüzgâr etkisiyle bulunduğu yerden aşınması, taşınması ve geldiği yerde birikmesi olarak tanımlanabilir. Erozyon olgusuna neden olan etmenlerin aynı zamanda toprağın oluşmasına da etki eden faktörler (iklim, topografya, bitki örtüsü, toprak özellikleri ve zaman) oldukları söylenebilir. Örneğin, bitki örtüsünün varlığı toprak oluşumunda zamana bağlı olarak yapıcı etkide bulunurken, bu örtüden yoksun alanlarda zaman faktörünün daha etkili yıkımlara (erozyonla meydana gelen toprak kaybına) neden olduğu görülmektedir. İnsanın göçebe hayattan yerleşik hayata geçmesi ile birlikte ilk tarımsal uygarlıkların toprağı işlemeye başlaması ve nüfus artışı karşısında tarımsal ihtiyaçları karşılayamaması toprak kayıplarında artışa neden olmuştur. Öte yandan, erozyon doğal koşullarda da meydana gelmektedir. Ancak, erozyonun artış gösterdiği süreç, insan faktörünün toprağın oluşma zamanını etkilemeye başladığı süreçtir. Bundan sonra erozyon artık doğal olmayan ya da insan etkisiyle oluşan bir olgu durumuna geçmiştir. Başka bir ifadeyle, toprak oluşumuna katkı sağlayan erozyon doğal erozyondur ve toprağın yenilenmesini ifade eder. Ancak, toprağın bozulmasına ve kaybolmasına etki eden durum hızlandırılmış erozyondur.

Doğal ekosistemlerin başka bir kullanıma dönüştürülmesi toprakların kapasiteleri dışında kullanıldığı ve toprağın bozulduğu anlamına gelmektedir. Bu bozulma, insan etkisiyle ortaya çıkan ve erozyon olgusunu tehlikeli boyutlara taşıyan önemli bir nedendir. Erozyonun oluşmasına neden olan etkenler arasında yaşamın kaynağıdır. Nitekim doğal erozyon, yeryüzü oluşumu ve iklim olayları ile başlamıştır (Çelebi, 1974). Bu nedenle, erozyon üzerinde etkili olan toprak oluşum faktörlerinin (iklim, topografya, bitki örtüsü, organizmalar ve zaman) hem toprağın oluşmasına hem de, toprağın erozyonla kaybolmasına etki eden faktörler oldukları söylenebilir.

Toprağın varlığı ve dengeli kullanılması, medeniyetlerin doğmasını sağlarken, doğal kaynaklardaki denge ve düzenin bozulması birçoğunun yıkılma nedeni olmuştur (Erol ve Serengil, 2006). Yaşamın devamı için gerekli olan toprak ne yazık ki çağlardan beri tehlike oluşturan bir sorundur. Toprak erozyonu olarak nitelendirilen bu soruna yönelik çabalara, tarihin çok eski devirlerinden beri rastlanmaktadır.

Günümüzde ise artık çok daha ciddi bir problem haline gelen ve daha da önemlisi küresel bir sorun olan iklim değişikliği karşısında ciddi oranda artış gösteren bir sorundur.

Bu çalışmada, toprağın kullanılmaya başlamasından itibaren erozyona uğrama durumu ve toprağın bilinçsiz kullanımıyla birlikte ortaya çıkan ve asırlardır devam eden erozyon sorununun kısa bir tarihi irdelenmiştir. Bu amaçla, geçmişten bu yana erozyon olgusunun ortaya çıkışı ve sorununun önlenmesine yönelik çabaların küresel boyuttaki durumuna ve bu konuda gösterilen çabaların yakın tarihine yer verilmiştir.

2. TOPRAK EROZYONUNUN TARİHİNE GENEL BİR BAKIŞ

Toprak erozyonunun tarihi süreç içinde geldiği noktayı ifade edebilmek için bu süreç içinde geldiği boyuta ve bölgesel olarak erozyon kontrolü ve önlenmesi çalışmalarının tarihi seyrine değinmek gerekmektedir.

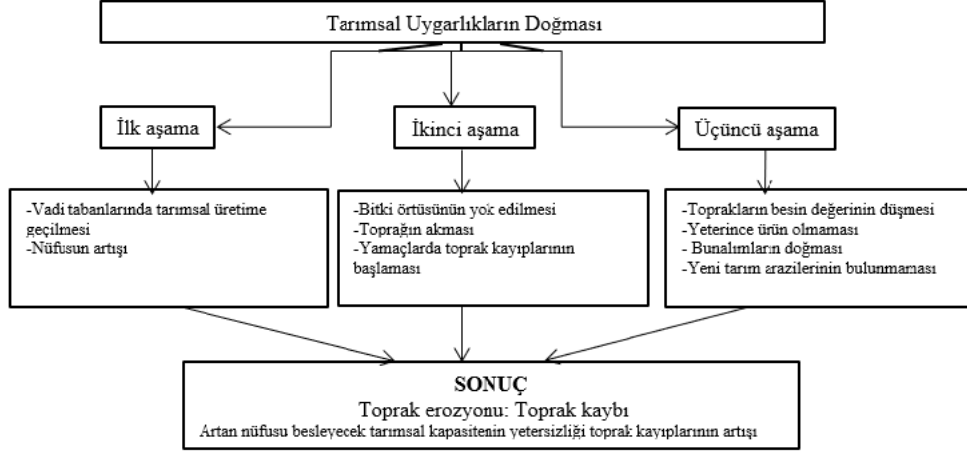
2. 1. Toprak Erozyonu Hakkında Küresel Bir Değerlendirme

Arkeolojik kayıtlar, tarımın M.Ö. 6300'le 4800 arasında Türkiye, Yunanistan ve Balkanlar üzerinden Avrupa'ya yayıldığını ve batıya doğru sabit bir hızla ilerlediğini göstermektedir. Ancak, M.Ö. 5 bin yıllarında ilk tarımsal yerleşmelerin başlamasıyla, kuru tarımdan sulu tarıma geçiş ile birlikte yoğun tarım faaliyetleri de hız kazanmıştır (Montgomery, 2010: 45). Bu faaliyetlerin ilk başladığı uygarlık ise Mezopotamya (Dicle ve Fırat nehri havzalarında yürütülen tarımsal faaliyetler) ve Mısır (Nil nehri havzalarında yürütülen tarımsal faaliyetler) uygarlıklarıdır (Çelebi, 1974). Bu uygarlıklarda nüfusun artışıyla artan yoğun tarım faaliyetleri üst toprakların erozyondan etkilenmesine ve toprak verimliliğinin düşmesine neden olmuştur. Benzer sonuçlara, Amerika, Asya (Çin, Japonya, Hindistan, İsrail, Kuzey Afrika (Fas, Tunus, Cezayir) ve Avrupa (Roma)'da kurulmuş uygarlarda da rastlanmaktadır.

Erozyonla ilgili geçmiş belgeler ne yazık ki eksiktir. Bununla birlikte yirminci yüzyılın ortalarına kadar uzanan tarihsel belgeler; toprak erozyonunun daha önce akademisyenler, arazide çalışan araştırmacılar, çiftçiler, arazi sahipleri ve politika yapıcılar tarafından farklı şekillerde algılandığını gösteren çok çeşitli örneklerden oluşmaktadır. Bu örnekler, daha çok Antik Yunan ve Roma Dönemi ve Orta Avrupa, Güney Afrika, Kuzey Amerika, Çin Loess Platosu, Avustralya, Yeni Zelanda ve Pasakalya Adası'ndan verilmiştir (Dotterweich, 2013). Ayrıca, özellikle Almanya ve ABD'ne odaklanan toprak erozyonu araştırmaları ve toprak koruma konularında kapsamlı çalışmalara rastlanmıştır (Williams, 2003). Eski ve yeni dönemlere ait jeomorfik kanıtlar, tarımsal olarak kullanılan yamaçların çoğunun, Prehistorik dönemlerden

daha önce toprak erozyonundan etkilendiğini göstermektedir (Williams, 2003: 699; Ellis vd., 2013). Toprak erozyonunun erken tanımları ise genellikle çok belirsizdir. Öeneğin, Roma Dönemi'ne ait jeomorfik kanıtlar; sadece yıkımlardan kalan manzaralardan ibarettir. Sonraki yüzyıllarda, tarihsel kayıtlar daha sık ve daha kesin hale gelmiş ve toprak erozyonu konusundaki gözlemler öne çıkmıştır. Profesyonel toprak korumanın gelişimi ise on sekizinci yüzyılın sonlarında gerçekleşmiştir. Batı dünyası tarafından bilinen toprak koruma üzerine ilk kapsamlı makale, 1815 yılında Almanya'da yayınlanmıştır. Profesyonel toprak korumanın yükselişi ondokuzuncu yüzyılın sonlarında ve yirminci yüzyılın başlarında meydana gelmiştir. Toprak iyileştirme ve sel önleme programları başlatılmış, ancak bu eylemler uzun vadeli başarılar sağlamamıştır (Dotterweich, 2013). Bu durum, erozyon sorununun uzun dönemde etkili olduğunun anlaşılmasında ve yeterli politikaların olmamasından kaynaklanmış olabilir.

Mevcut jeomorfik kanıtlar, uygarlıklar boyunca devam eden toprak erozyonu olgusunun ortak bir öyküsü olduğunu göstermektedir (Şekil 1). Örneğin; Mezopotamya ve Mısır uygarlıkları ile Amerika, Asya ve Avrupa'da kurulmuş ilk tarımsal uygarlık merkezlerinde sonun yaklaşmasında etkili olan ortak etken, toprakların aşırı ve bilinçsiz kullanılması nedeniyle buldukları yerden taşınarak nehirleri ve sulama kanallarını tıkamasıdır. Bu durumun, toprak erozyonu sorununun aşamalardan oluşan tarihi bir seyir izlediğini gösterdiğini söyleyebiliriz. Böylece, genel olarak, sorunun tarihi süreç içinde geçirdiği üç aşamadan oluştuğunu ifade edebiliriz. Bunlardan ilk aşama, tarımsal yerleşimlerin yüksek kesimlerdeki ormanlık alanlarda başlamasıdır. Tarımsal faaliyetlerin artmasıyla birlikte hızlı bir nüfus artışı olmuştur. İkinci aşamada artık daha fazla nüfus için daha fazla tarımsal üretim yapma ihtiyacı doğmuştur. Zamanla artan yoğun arazi kullanımı, bitki örtüsünün de tahrip edilmesiyle birlikte, yüksek kesimlerdeki verimli üst toprağın, su ve rüzgâr etkisiyle vadi tabanlarına birikmesine yol açmıştır. Bir süre sonra başlangıçta verimli toprakları barındıran vadi tabanları verimliliğini yitirmiştir. Böylece topraklar bitki besin elementlerince yetersiz duruma gelmiştir. Yeni tarım arazilerinin bulunmaması karşısında yeterince ürün alamayan tarımsal toplumlar sosyal ve ekonomik sorunlar yaşamaya başlamışlardır.



Şekil 1. Toprak Erozyonu Sorunun Tarihi Süreç İçindeki Ortak Öyküsü

2.2. Erozyon Kontrolü ve Önlenmesi Kapsamında Yapılan Çalışmaların Yakın Tarihi

Tarihte yalnızca yerleşim ve barınma fonksiyonları için kullanılan toprak, günümüzde ekolojik, biyolojik, ekonomik ve kültürel fonksiyonları için kullanılan çok önemli doğal kaynaklarımızdan birisidir. Ancak, toprakların erozyon sonucu hızla kaybolması hem tarihte, hem de günümüzde gerekli önlemlerin alınmaması, aşırı kullanım ve doğal etmenlere karşı etkili korunmamasından kaynaklanmaktadır.

Tarihi süreç içinde toprağın insanlar için önemi artmış ve bunun paralelinde toprak kaybı ve erozyonunu önleyici çalışmalar hızlanmıştır (Balcı 1996: 490). Toprak erozyonu miktarının tahmini veya hesaplanması amacıyla dünya çapında çeşitli yöntemler geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur (Doğan ve Küçükçakar, 1994: 32; William vd., 1999; Ekinci, 2007; Cürebal ve Ekinci, 2007; Özşahin, 2011). Ancak 19. yüzyılın sonuna kadar erozyon sorununun ciddiyeti, önemi ve kontrol yöntemleri konusunda sistematik, bilimsel ve rasyonel yaklaşım biçiminin geliştirildiğini söylemek zordur (Balcı 1996: 490). Bu eksiklik, teknolojinin ilerlemesi ve bilimsel araştırma yöntemlerinin geliştirilmesiyle giderilmeye başlanmıştır. Modern anlamda, toprak koruma çalışmaları ve toprak erozyonunun bilimsel anlamda ölçülmesi yirminci yüzyılın ilk çeyreğinde arazi üzerinden elde edilen verilerle gerçekleştirilmiştir (Sanders 2004). Bu anlamda, toprak erozyonu 1930'lardan itibaren bilim insanları için bir sorun olarak görülmeye başlanmıştır. Erozyon miktarını tahmin çalışmaları yapmak ve sorunu çözmek amacıyla çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler ya toprak örneklerinin analizini içeren çalışmalar ya da çoğunlukla matematiksel hesaplamalara dayanan deneysel yöntemlerden oluşmaktadır (Lal, 2001). İlk olarak

1915'te Amerika Birleşik Devletleri'nin Utah eyaletinde ölçümler başlatılmış, bu çalışmalar 1917 yılına kadar devam etmiştir (Smith 1958; Hayward 1967; Chisci 1981; Presbitero 2003; Sanders 2004). 1928-1933 yılları arasında Amerika Birleşik Devletleri'nin on eyaletinde arazi üzerine deneme parselleri kurulmuş, toprak erozyonu ve etkileri araştırılmıştır (Smith 1958). Bu verilerden yola çıkarak, toprak kaybı ile ilgili ilk matematiksel eşitlikler 1940'lı yıllarda geliştirilmiştir (Wischmeier ve Smith 1978; Chisci 1981). Yağışların etkisiyle oluşan toprak kayıplarının matematiksel olarak tahmini amacıyla çeşitli deneysel modellerin geliştirilmesi çabası ise 1930'lu yıllarda başlayan Cook (1936), Zingg (1940) ve Smith (1941) tarafından yürütülen çalışmalara dayanmaktadır.

2.3. Ülkemizde Alınan Erozyon Kontrolü Önlemlerinin Tarihi Seyri

Ülkemizde tarım alanları dışındaki alanlarda, inşa edilen küçük ölçekli barajların erozyonla çalışamaz hale gelmesinden sonra erozyon kontrolü önlemleri alınması gereği duyulmuştur. Böylece, 1958 yılından sonra erozyonu kontrol etmek amacıyla çalışmalara başlanmıştır. Bu çalışmalar içerisinde, dere yataklarında oluşabilecek erozyonunun önlenmesine ve ıslahına yönelik faaliyetlere yer verilmiştir. Bununla birlikte, su toplama havzalarında gerekli ağaçlandırma ve toprak koruma çalışmaları yapılmış ancak bu çalışmaların kapsamı çok sınırlı tutulmuştur (Erol ve Serengil, 2006). Öte yandan "Milli Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Seferberlik Kanunu"nda Barajların Su Toplama Havzalarında Mülkiyetin 6200 Sayılı Kanunla kendisine verilen görevler için tahsis edilen, izin veya irtifak hakkı tesis edilen alanlarda ağaçlandırma ve erozyon kontrolü çalışmalarına ve bakım ile koruma işlerine yer verilmiştir (ÇEVRE VE ORMAN BAKANLIĞI, 2006). Günümüzde ise pek çok kurumun erozyon kontrolü konusundaki sorumlulukları belirlenmiştir. Bu sorumluluklar, genel olarak yapacakları ağaçlandırma ve erozyon kontrolü çalışma alanlarının belirlenmesi (TMMOB-ZMO, 2019) yönünde olmuştur. Benzer şekilde orman alanları ile birlikte tarım alanlarını da kapsayan; Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu, 3 Temmuz 2005'de kabul edilmiştir. Bu kanunun amacı; toprağın doğal veya yapay yollarla kaybını ve niteliklerini yitirmesini engelleyerek korunmasını, geliştirilmesini ve çevre öncelikli sürdürülebilir kalkınma ilkelerine uygun olarak, plânlı arazi kullanımını sağlayacak usûl ve esasları belirlemek (TOPRAKSU, 2006) olmuştur. Bu kanuna göre, erozyonun önlenmesi görevi doğal kaynakların korunmasına yönelik faaliyet gösteren devlet kurumlarına verilmiştir.

Günümüzde hem uygulayıcı kurumlarda, hem de üniversitelerde yapılan Ar-Ge çalışmalarda; erozyonla kaybolan toprak miktarı, arazi ve laboratuvar koşullarında olmak üzere iki şekilde tahmin edilebilmektedir. Bu tahminler, genellikle

uygulamaya yönelik bazı bulgu ve sonuçları elde etmek ya da erozyon olgusundaki bazı temel ilişkileri ortaya koymak amacı ile yapılmaktadır (Erol ve Serengil, 2006). Ülkemizde erozyonla kaybolan toprak miktarını tahmin etmek amacıyla yapılan çalışmalar 1954-1958 yılları arasında ilk kez İstanbul-Elmalı barajı yağış havzasında yürütülmüştür (Balcı, 1996: 490). Yine aynı dönemlerde, erozyonla kaybolan toprak miktarını tahmin etmek için toprak yüzü seviyesindeki değişimden yararlanılmıştır. Ayrıca, orman yollarında erozyon ölçümleri yaparak erozyonla oluşan farklılaşma tespit edilmiştir. Bu çalışmalarda amaç, toprak ve su kaynaklarının korunmasını esas alan ve ormancılık alanında yürütülen havza yönetimi çalışma esaslarının uygulanması olmuştur. 1965'lerden sonra özellikle Birleşik Amerika'da toprak erozyonuyla ilgili laboratuvar çalışmaları ve deneme parsellerinden elde edilen bulgular kullanılarak çeşitli erozyon tahmin modelleri geliştirilmiştir (Cooke ve Doornkamp, 1990; Flanagan ve Nearing, 1995; Renard vd., 1997; Sanders 2004; Yılmaz, 2006). Ülkemizde de arazi kullanımı, iklim özellikleri, toprak yönetimi uygulamaları gibi erozyon oluşumunda etkili olan faktörlerin dikkate alındığı bu modeller kullanılarak toprak kayıpları tahmin edilmeye çalışılmıştır.

3. SONUÇ

Tarımsal uygarlıkların doğuşuyla birlikte belirmeye başlayan toprak erozyonu sorunu günümüzde daha ciddi boyutlarda devam etmektedir. Bunun başlıca nedeni erozyonun doğal ya da jeolojik olarak meydana gelmesi dışında oluşan ve bu makaleye konu olan tarımsal faaliyetlerin başlaması ve artan nüfus karşısında daha fazla üretim ihtiyacının doğmasıdır nedeniyle oluşan erozyondur. Bu neden, insan etkisiyle oluşan hızlandırılmış erozyondur. Bu erozyon, uygarlıkların çöküşünü hızlandıran en önemli etkidir.

Toprak erozyonu ile mücadele tarihsel süreç içinde erken dönemlere kadar gitmesine rağmen gerekli politikaların yeterli olmaması ve olmamaya devam etmesi erozyon boyutunu giderek artırmaktadır. Sorunun tarihi süreç içindeki durumu değerlendirildiğinde erozyonun uzun dönemlerden sonra fark edildiği ve etkili olduğu görülmektedir. Toprak erozyonunun hızlı bir şekilde artması günümüz koşullarında, iklim değişikliğinin ortaya çıkması gibi daha ciddi sonuçların doğmasına neden olmuştur. Topraklar amacına uygun biçimde kullanılmadıklarında sorunun küresel boyutu artırmaya devam edecektir.

KAYNAKÇA

- BALCI, N. (1996). Toprak Koruması, İ.Ü Orman Fakültesi Havza Amenajmanı Anabilim Dalı, Üniversite Yayın No: 3947, O.F Yayın No: 439, ISBN 975-404-423-6, 490s, İstanbul.
- CHISCI, G. (1981). "Upland Erosion: Evaluation and Measurement. Erosion and Sediment Transport Measurement", Proceedings of the Florence Symposium, June 1981. IAHS Publication Number, 133: 331-349.
- COOK, H.L. (1936). "The Nature and Controlling Variables of The Water Erosion Process", Soil Sci. Soc. of America Proc., 1, 487-494.
- COOKE, U.R., ve DOORNKAMP, J.C. (1990). Geomorphology in Environmental Management. Oxford: Clarendon Press.
- CÜREBAL, İ. ve EKİNCİ, D. (2007). "Kızılköprü Deresi Havzasında CBS Tabanlı RUSLE (3d) Yöntemiyle Erozyon Analizi", Türk Coğrafya Dergisi, Sayı: 47, 115-130, İstanbul.
- ÇELEBİ, H. (1974). "Toprak Erozyonunun Tarihi". Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt 5, Sayı 1, DergiPark.
- ÇEVRE VE ORMAN BAKANLIĞI (2006). Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü, Erozyon Kontrolü, <http://www.agm.gov.tr/faaliyetler8.asp>, 25.05.2006.
- DOĞAN, O., ve KÜÇÜKÇAKAR, N. (1994). Erozyon Haritalamasında Bazı Metodolojiler, Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yay. Ankara. 32 s.
- DOTTERWEICH, M. (2013). "The History of Human-induced Soil Erosion: Geomorphic Legacies, Early Descriptions and Research, and The Development of Soil Conservation-A Global Synopsis", Geomorphology xxx (2013) xxx-xxx, Available Online xxxx, Journal Homepage:www.elsevier.com/locate/geomorph.
- EKİNCİ, D. (2007). Estimating of Soil Erosion in Lake Durusu Basin Using Revised USLE 3d with GIS, Çantay Press, İstanbul.
- ELLIS, E.C., KAPLAN, J.O., Fuller, D.Q., Vavrus, S., Klein Goldewijk, K., Verburg, P.H. (2013). "Used Planet: A Global History. Proceedings of the National Academy of Sciences". <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1217241110>
- EROL, A., SERENGİL, Y. (2006). "Erozyonun Önlenmesi ve Tahmin Edilmesi Konusuna Tarihi Bir Yolculuk", Türk Bilim ve Teknoloji Kongresi, 30-31 Ekim 2006, Isparta.

- FLANAGAN, D.C., ve NEARING, M.A. (1995). "WEPP Erosion Model, National Soil Erosion Research Laboratory", USA: 1196 Building SOIL, West Lafayette, IN 47907-1196.
- HAYWARD, J. A. (1967). "Plots for Evaluating the Catchment Characteristics Affecting Soil Loss, Review of Plot Studies". Journalo Hydrology New Zeland, 6: 120-137.
- LAL, R. (2001). "Shifting Ground: The Changing Agricultural Soils of China and Indonesia by P.H. Lindert", J. Econ. History. 61: 548-550.
- MONTGOMERY, D.R. (2010). Toprak- Uygarlıkların Erozyonu, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, ISBN 978-9944-88-975-9, s.45.
- RENARD, K.G., FOSTER, G.R., WEESIES, G.A., McCOOL D.K. ve YODER, D.C. (1997). Predicting Soil Erosion By Water-A Guide to Conservation Planning with The Revised Universal Soil Loss Equation (Rusle), Handbook No. 703. Washington, D.C., United States Department of Agriculture United States Government Printing Office.
- SANDERS, D. (2004). "Soil Conservation. Land Use, Land Cover and Soil Sciences", 18-32 (Ed.) VERHEYE, W.H., Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford, UK.
- SMITH, D. D. (1958). "Factors Affecting Rainfall Erosion And Their Evaluation", Int. Assoc. Sci. Hydrol. Pub., 43: 97-107.
- SMITH, M. K. (1941). Measurement of The Size of General English Vocabulary Through The Elementary Grades and High School.Genetic Psychological Monographs, 24, 311-345.
- TMMOB ZMO (Ziraat Mühendisleri Odası)2019). Milli Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Seferberlik Kanunu, Kanun Numarası: 4122, Kabul Tarihi: 23/7/1995, Yayımlandığı R. Gazete: 26/7/1995, Sayı: 22355, <http://www.agaclar.net/index.php?id=301>, 06/03/2019)
- TOPRAKSU (Topraksu Genel Müdürlüğü). (2006). Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Kuruluşu, <http://www.khgm.gov.tr/kutuphane/topraksu1.htm>, 25.05.2006.
- WILLIAM, W.D., DAVID, S.J., ve WARREN, D. (1999). "The Soil Erosion Model Guide for Military Land Mangers: Analysis of Erosion Models for Natural and Cultural Resources Applications", Tri-Service CADD/GIS Technology Center, Natural and Cultural Resources Field Working Group, Technical Report ITL 99-XX.

- WILLIAMS, M. (2003). Deforesting the Earth: From Prehistory to Global Crisis. The University of Chicago, London, 699 pp.
- WISCHMEIER, W. H., ve SMITH, D. D. (1958). "Rainfall Energy and Its Relationship to Soil Loss", Trans. AGU 39: 285-291.
- YAMANLAR, O. (1957). "Kağıthane ve Alibey Derelerinde Toprak Taşınmaları ve Haliç'in Dolmasını Önleyecek Teknik ve Kültürel Tedbirler Üzerinde Araştırmalar", İ.Ü Yayınlarından Sayı 725, Orman Fakültesi No. 48, Şirketi Mürettebiye Basımevi, İstanbul
- YILMAZ, E. (2006). "Çamlıdere Barajı Havzasında Erozyon Problemi ve Risk Analizi", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya (Fiziki Coğrafya) Anabilim Dalı.
- ZINGG, A. W. (1940). "Degree and Length of Landslope as It Affects Soil Loss in Runoff", Agric. Eng. 21: 59-64.

ETLİK PİLİÇLERDE CİVCİV DÖNEMİNDE DÜŞÜK BÜYÜTME SICAKLIĞININ DÖNEM SONU CANLI AĞIRLIK, KARACİĞER ENZİM DÜZEYLERİ VE ASCİTES DUYARLILIĞI ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Arda SÖZCÜ

Ege Üniversitesi

Prof. Dr. Aydın İPEK

Uludağ Üniversitesi

Özet: Bu çalışma, etlik piliçlerde civciv döneminde uygulanan düşük büyütme sıcaklığının dönem sonu canlı ağırlık, karaciğer enzim düzeyleri ve ascites duyarlılığı üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada bir günlük yaşta 480 adet Ross 308 adet civciv yetiştirme döneminin birinci haftasında uygulanacak olan kontrol (32-33 °C) ve düşük (26-27 °C) büyütme sıcaklığı şeklinde rastgele iki gruba ayrılmıştır. Civcivler her bir grup için 12 tekerrür ve her bir tekerrürde 20 civciv olacak şekilde rastgele bölmelere yerleştirilmiştir. Denemede canlı ağırlık, kümülatif yem tüketimi, yemden yararlanma oranı ve ölüm oranı belirlenmiştir. 42 günlük yaşta, kan örnekleri toplanarak, AST (aspartat aminotransferaz), ALT (alanin aminotransferaz), ALP (alkalin fosfataz), GGT (gamma-glutamil transferaz) ve LDH (laktat dehidrojenaz) olmak üzere karaciğer enzim düzeyleri belirlenmiştir. Ascites duyarlılığının değerlendirilmesi için, etlik piliçlerde kesim işleminde kalp örnekleri alınarak, sağ ventriküler (SV) ve toplam ventriküler (TV) ağırlıkları belirlenmiş ve ascites göstergesi olarak SV:TV oranı hesaplanmıştır. 6 haftalık yaşta, ortalama canlı ağırlık değerinin kontrol grubunda (2897.1 g) düşük büyütme sıcaklığı grubundan (2659.2 g) daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($P<0.01$). Düşük büyütme sıcaklığı grubunda AST, ALP, GGT ve LDH enzim düzeylerinin artış gösterdiği, ALT düzeyinin ise kontrol grubunda ise daha düşük olduğu saptanmıştır. Sağ ventriküler ağırlığının düşük büyütme sıcaklığında kontrol grubunda göre daha yüksek (sırasıyla 4.35 g ve 4.08 g, $P<0.01$), toplam ventriküler ağırlığının ise kontrol grubunda daha yüksek olduğu gözlenmiştir (sırasıyla 16.8 g ve 14.2 g, $P<0.01$). SV:TV oranı ise düşük büyütme sıcaklığı uygulanan grupta 0.31 olarak kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur (0.24, $P<0.01$). Etlik piliçlerde bu değer 0.30'dan daha yüksek olması ascites karşı hassasiyet geliştiğini göstermektedir. Sonuç olarak, etlik piliçlerde yetiştirme döneminin ilk haftası uygulanan düşük büyütme sıcaklığının dönem sonu canlı ağırlık değerinde düşüşe, enzim seviyelerinde artışla beraber

karaciğerde hasarlanmalara ve ascites duyarlılığında artışa neden olduğu ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: büyüme sıcaklığı, stres, ascites, karaciğer enzimi, etlik piliç

The Effects of Lower Brooding Temperature During Early Growing Period on Final Body Weight, Hepatic Enzymes Levels and Ascites Susceptibility in Broilers

Abstract: This study was carried out to determine the effects of a lower brooding temperature during early growing period on final body weight, hepatic enzymes levels and ascites susceptibility in broilers. One day old 480 Ross 308 broiler chicks were randomly divided into two groups: control (32-33 °C) and lower (26-27 °C) brooding temperature during the first week. The chicks were randomly assigned into 12 pens (20 chicks) for each group. During experiment, body weight, cumulative feed consumption, feed conversion rate and mortality were determined. At 42 days, blood samples were collected to determine the hepatic enzyme levels including AST (aspartate aminotransferase), ALT (alanine aminotransferase), ALP (alkaline phosphatase), GGT (gamma-glutamyl transferase) and LDH (lactate dehydrogenase). To assess ascites susceptibility, the hearts were removed to obtain heart weight, and right ventricle (RV) and total ventricle (TV) weights to calculate RV:TV ratio as an indicator of ascites. At 6 weeks of age, a higher body weight was observed in the control group (2897.1 g) than the lower brooding temperature group (2659.2 g, $P<0.01$). The levels of AST, ALP, GGT and LDH were tended to increase in lower brooding temperature group, whereas ALT level was lower in the control. The right ventricle weight was higher in the lower brooding temperature group than the control (4.35 g vs. 4.08 g, $P<0.01$), whereas the total ventricle weight was higher in the control group (16.8 g vs. 14.2 g, respectively). The RV:TV ratio was higher as 0.31 in the lower brooding temperature group than the control (0.24, $P<0.01$). Broilers with RV:TV values greater than 0.30 are considered to have a susceptibility against ascites. As a conclusion, lower brooding temperatures during early growing period caused a decline final body weigh, a damage in liver with increment of hepatic enzyme levels and an increment in susceptibility against ascites.

Keywords: brooding temperature, stress, ascites, hepatic enzyme, broiler

1. GİRİŞ

Etlik cıvcivler için çıkış sonrası erken dönem olarak kabul edilen ilk bir haftalık dönem ve bu dönem içerisinde sağlanan çevresel koşullar optimum büyüme performansının sağlanması noktasında kritik bir öneme sahiptir (Leksrisompong vd., 2007). Çünkü bu kritik süreç içerisinde cıvcivin organ gelişimi ve fizyolojik süreçler üzerine etkilidir. Bu dönem, cıvcivlerde başta termoregülasyon yeteneği ve bağışıklık sisteminin gelişimi ile beraber sindirim kanalındaki hücrelerde büyüme ve farklılaşma olaylarının gerçekleştiği bir dönemdir (Moraes vd., 2002). Bütün bu fizyolojik süreçler sonuç olarak etlik piliçlerde canlı ağırlığı, yemden yararlanmayı ve ölüm oranını etkilemektedir (Moraes vd., 2002). Bu nedenle, özellikle cıvciv döneminde çevresel koşullar çok önemli olup, bu koşulların başında büyütme sıcaklığı gelmektedir. Nitekim, optimum sıcaklık aralığının dışında kalan sıcaklık seviyeleri piliçlerde sıcak ya da soğuk stresine neden olmaktadır (Olfati vd., 2018).

Yaşamlarının erken dönemlerinde ısı stresine maruz kalan kanatlı hayvanlarda yaşamlarının ilerleyen dönemlerinde maruz kalabilecekleri termal stresle başa çıkabilmeleri için termal toleransın geliştiği bilinmektedir (Arjona vd., 1988; Yahav ve Hurwitz, 1996). Etlik piliç yetiştiriciliğinde optimum performansın sağlanabilmesi için cıvciv döneminin ilk günlerinde 33 °C'lik bir sıcaklığın sağlanması en önemli yetiştirme kurallarından biri olup, kümes sıcaklığının sürünün yaşına göre düzenlenmesi ısı stresine bağlı görülebilecek problemlerin ortadan kaldırılması noktasında büyük öneme sahiptir. Yapılan çalışmalar, büyütme döneminde optimum sıcaklık değerlerinin altında kalan ya da üzerinde olan sıcaklık değerlerinin strese neden olduğunu, her iki durumunda sağlık problemlerinin ortaya çıktığı ve performans bakımından önemli üretim kayıplarının gözlemlendiğini ortaya koymuştur (Yardibi ve Turkey, 2008; Sohail vd., 2012; Habibian vd., 2014; Tawfeek vd., 2014; Henriksen vd., 2016). Bu çalışmanın amacı, etlik piliçlerde cıvciv döneminde uygulanan düşük büyütme sıcaklığının dönem sonu canlı ağırlık, karaciğer enzim düzeyleri ve ascites duyarlılığı üzerine etkilerinin belirlenmesidir.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada 480 adet bir günlük yaşta Ross 308 genotipli etlik cıvciv kullanılmıştır. Çalışmada yetiştirme döneminin ilk haftasında kontrol ve düşük büyütme sıcaklığı uygulamalarını oluşturmak üzere, cıvcivler rastgele iki gruba ayrılmıştır. Her bir uygulama grubu için 12 tekerrür (bölme) ve her bölmede 20 adet cıvciv (eşit sayıda erkek ve dişi cıvciv) olacak şekilde tek tek tartılarak yerleştirilmiştir. Büyütme sıcaklığı kontrol grubundaki cıvcivlere hayvan seviyesinde 32-33 °C, düşük sıcaklık

grubunda ise hayvan seviyesinde 26-27 °C olacak şekilde sağlanmıştır. Yetiştirme döneminin ikinci haftasından itibaren her iki uygulama grubunda kümes sıcaklığı her hafta 3 °C derece düşürülmüş olup, kümes içi sıcaklık değerleri 20-21 °C olunca sabitlenmiştir. Deneme süresince her iki uygulama grubunda % 55-60 nem olacak şekilde kümes içi koşullar sağlanmıştır.

Civcivlere deneme boyunca ilk iki gün 24 saat aydınlatma, ilk haftanın sonuna kadar ise 23 saat aydınlık 1 saat karanlık olacak şekilde aydınlatma programı uygulanmıştır. İkinci haftanın başından denemenin sonuna kadar olan sürede canlı ağırlık ve canlı ağırlık kazancı dikkate alınarak minimum 4 saat karanlık olacak şekilde aydınlatma programı uygulanmıştır. Deneme gruplarına yem materyali olarak; 0 – 10 günlük yaş döneminde başlangıç yemi (3020 kcal/ME/kg; % 23 ham protein) kullanılmıştır, ardından büyütme yemine (3150 kcal/ME/kg; % 22 ham protein) geçiş kademeli şekilde sağlanmıştır. Deneme süresince yem ve su ad-libitum düzeyde sunulmuştur. Verilen yem ve ölümler bölme bazında günlük olarak kaydedilmiştir. Verilen yem ve ölümler bölme bazında günlük olarak kaydedilmiştir.

Deneme süresince, her hafta bireysel tartım ile her iki uygulama grubunda ortalama canlı ağırlık değerleri belirlenmiş olup, haftalık yem tüketimi, kümülatif yem tüketimi ve yemden yararlanma oranı hesaplanmıştır. Deneme bölmelerinde ölümler günlük olarak takip edilmiş ve ölüm oranı hesaplanmıştır.

Denemede, 42 günlük yaşta, rastgele seçilen 20 adet piliç uygun şekilde ötenazi edildikten sonra, kan örnekleri toplanmıştır. Bu örneklerde AST (aspartat aminotransferaz), ALT (alanin aminotransferaz), ALP (alkalin fosfataz), GGT (gamma-glutamil transferaz) ve LDH (laktat dehidrojenaz) olmak üzere karaciğer enzim düzeyleri belirlenmiştir. Ascites duyarlılığının değerlendirilmesi için, ötenazi edilen piliçlerden kalp uygun şekilde alınmış ve sağ ventriküler (SV) ve toplam ventriküler (TV) ağırlıkları belirlenmiş ve ascites göstergesi olarak SV:TV oranı hesaplanmıştır.

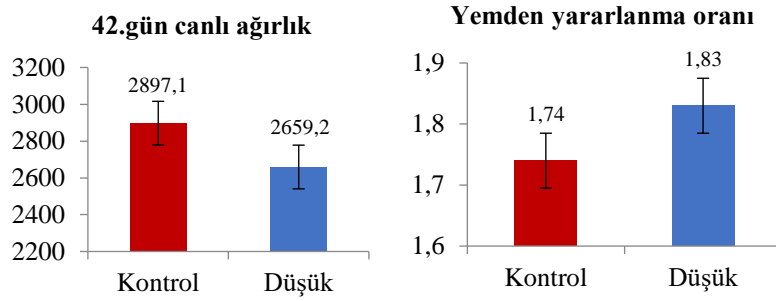
Bu çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre planlanmıştır. Denemede, uygulamanın dönem sonu canlı ağırlık, karaciğer enzim düzeyleri ve ascites duyarlılığı üzerine etkisi varyans analizi ile SAS (Versiyon 9.2) paket programı kullanılarak belirlenmiştir. Yetiştirme dönemi boyunca uygulama grupları arasında ölüm oranının karşılaştırılmasında Khi-kare analizi yapılmıştır. Verilerin istatistiksel analizleri P < 0,01 olasılık düzeyinde yapılmıştır.

3. BULGULAR

Etlik piliçlerde civciv döneminde farklı büyütme sıcaklıklarının dönem sonu canlı ağırlık ve yemden yararlanma üzerine etkileri Şekil 1’de verilmiştir. Büyütme

dönemi süresince, kontrol grubundaki cıvcivlerin düşük büyütme sıcaklığı uygulanan gruptakilere göre daha yüksek bir canlı ağırlık değeri gösterdiği belirlenmiştir. 42. günde kontrol grubunda bu değer 2897.1 g, düşük büyütme sıcaklığı uygulanan grupta ise 2615.1 g olarak gözlenmiştir ($P<0.01$). Yemden yararlanma oranını ise kontrol grubunda 1,74 ve düşük büyütme sıcaklığı uygulanan grupta ise 1.83 olarak tespit edilmiştir ($P<0.01$).

Şekil 1. Etlik Piliçlerde Cıvciv Döneminde Farklı Büyütme Sıcaklıklarının Dönem Sonu Canlı Ağırlık ve Yemden Yararlanma Üzerine Etkileri



Etlik piliçlerde cıvciv döneminde farklı büyütme sıcaklıklarının karaciğer enzim düzeyleri etkileri Tablo 1’de verilmiştir. Karaciğer enzimlerinden AST, ALP, GGT ve LDH düşük büyütme sıcaklığı uygulanan gruptaki piliçlerde kontrol grubuna daha yüksek, ALT düzeyinin ise kontrol grubunda daha yüksek olduğu gözlenmiştir ($P<0.01$).

Tablo 1. Farklı Büyütme Sıcaklıklarının Karaciğer Enzim Düzeyleri Üzerine Etkisi

Parametreler	Uygulama grupları		Önemlilik düzeyi
	Kontrol	Düşük	
AST (IU/l)	159.2 ± 11.7	185.6 ± 16.3	0.001
ALT (IU/l)	0.88 ± 0.4	0.62 ± 0.3	<0.01
ALP (IU/l)	713.2 ± 24.8	748.0 ± 28.5	0.004
GGT (IU/l)	7.8 ± 2.1	11.2 ± 2.4	<0.01
LDH (IU/l)	412.8 ± 49.8	687.7 ± 58.7	<0.01

n =20 adet kan örneği / deneme grubu

Etlik piliçlerde civciv döneminde farklı büyüme sıcaklıklarının ascites duyarlılığı üzerine etkileri Tablo 2’de verilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere, etlik piliçlerde büyümenin erken dönemlerinde uygulanan düşük çevresel sıcaklığın ascites duyarlılığı üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Etlik piliçlerde SV:TV oranının 0.30’dan daha yüksek olması ascites karşı hassasiyet geliştiğini göstermektedir. Nitekim çalışmanın sonucunda düşük büyüme sıcaklığı uygulanan grupta incelenen değerin bu sınır değerden daha yüksek olduğu gözlenmiştir ($P<0.01$).

Tablo 2. Farklı Büyütme Sıcaklıklarının Ascites Duyarlılığı Üzerine Etkileri

Parametreler	Uygulama grupları		Önemlilik düzeyi
	Kontrol	Düşük	
Sağ ventriküler (SV, g)	4.08 ± 0.08	4.35 ± 0.05	0.001
Toplam ventriküler (TV, g)	16.8 ± 0.11	14.2 ± 0.09	0.036
SV:TV oranı	0.24 ± 0.04	0.31 ± 0.04	<0.01
Relatif kalp ağırlığı (%)	0.60 ± 0.01	0.54 ± 0.02	0.032

n =20 örnek / deneme grubu

4. TARTIŞMA

Çalışmada elde edilen bulgular etlik civcivlerde büyümenin erken döneminde (çıkış sonrası ilk hafta) düşük büyüme sıcaklığının yetiştirme dönemi sonunda performans parametreleri üzerine olumsuz etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmada, kontrol grubu piliçlerde dönem sonu canlı ağırlığın daha yüksek ve yemden yararlanmanın diğer grubu göre daha iyi olduğu gözlenmiş olup, bu bulgular Fu vd. (2013) ve Tawfeek vd. (2014) tarafından bildirilen bulgular ile benzerlik göstermektedir.

Çalışmada, karaciğer enzimleri bakımından iki deneme grubu arasında önemli farklılıkların gözlenmesi civcivlerde ilk hafta uygulanan büyüme sıcaklığının karaciğer metabolizması üzerine etkisi olduğunu göstermektedir. Sağlıklı kanatlılarda AST düzeyinin kabul edilebilir maksimum seviyesi 275 IU/l civarında olduğu ifade edilmiştir (Hochleithner vd., 2005). Çalışmada ise her iki grupta AST düzeyinin kabul edilebilir seviyede olduğu gözlenmiştir. Karaciğer hasarının belirlenmesinde indikatör olarak kullanılan ALT karaciğerde yüksek miktarda bulunmakta ve

karaciğerde hasan meydana geldikten hemen sonra seruma salınarak, ALT konsantrasyonunda düşüş meydana gelmektedir (Orlewick ve Vovchuk, 2013). Çalışmada kontrol grubunda AST konsantrasyonunun daha düşük ve ALT konsantrasyonunun daha yüksek olması, karaciğerin metabolizması ile ilişkilidir. Bu durum, kontrol grubunda dönem sonu ortalama vücut ağırlığının daha yüksek olmasına bağlı olarak artan metabolik hız ile ilişkilendirilebilir.

Etlik piliçlerde kalp gelişiminin ilk hafta uygulanan büyütme sıcaklığından etkilendiği çalışma sonuçlarından anlaşılmakta olup, düşük büyütme sıcaklığı uygulanan gruptaki piliçlerde dönem sonunda toplam kalp ağırlığının kontrol grubundakilere göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada relatif kalp ağırlığının düşük büyütme sıcaklığı uygulanan grupta kontrol grubunda göre daha düşük bulunması, yüksek metabolik ihtiyaçların karşılanması noktasında kalbin yetersiz kaldığını ve buna bağlı olarak artan oksijen ihtiyacının karşılanmasında kardiyak kan çıkışının artmasına bağlı olarak bu grupta ascites duyarlılığının arttığı gözlenmektedir. Bu grupta, SV:TV oranının 0.30dan yüksek olması da bu bulguları destekleyen bir durumdur. Çalışma sonucunda ascitesin ortaya çıkmasında gözlenen bu değişimler Decuyper vd. (2000) tarafından bildirilen bulgularla benzerlik göstermektedir.

Sonuç olarak, etlik piliçlerde yetiştirme döneminin ilk haftası büyütme sıcaklığının, düşük olması, dönem sonu canlı ağırlık bakımından düşüğe, karaciğer enzimlerinde dalgalanmalara ve ascites duyarlılığını artırıcı yönde olumsuz etkilere neden olduğu gözlenmiştir. Elde edilen bu bulgular etlik piliç yetiştiriciliğinde özellikle erken dönemde cıvcivlerde bakım uygulamalarının geliştirilebilmesi ve bu süreçteki fizyolojik mekanizmaların etkilerinin değerlendirilebilmesi, ayrıca başarılı ve karlı bir yetiştiricilik yapılabilmesi noktasında büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

- ARJONA, A.A., DENBOW, D.M., and WEAVER JR, W.D. (1988). “Effect of Heat Stress Early in Life on Mortality of Broilers Exposed To High Environmental Temperatures Just Prior To Marketing”, *Poultry Science*, 67: 226-231.
- DECUYPERE, E., BUYSE, J., and BUYS, N. (2000). “Ascites in Broiler Chickens: Exogenous and Endogenous Structural and Functional Causal Factors”, *Worlds Poultry Science Journal*, 56: 367-376.
- FU, J., LIU, C., ZHANG, Z., XING, M., and XU, S. (2013). “Influence of Inflammatory Pathway Markers on Oxidative Stress Induced By Cold Stress In Intestine of Quails”, *Research in Veterinary Science*, 95: 495-501.
- HABIBIAN, M., GHAZI, S., MOEINI, M., and ABDOLMOHAMMADI, AR. (2014). “Effects of Dietary Selenium and Vitamin E on Immune Response and Biological Blood of Broilers Reared Under Thermo Neutral or Heat Stress Conditions”, *International Journal of Biometeorology*, 58: 741-752.
- HENRIKSEN, S., BILDE, T., and RIBER, A.B. (2016). “Effects of Post-Hatch Brooding Temperature on Broiler Behavior, Welfare, and Growth”, *Poultry Science*, 95: 2235-2243.
- HOCHLEITHNER, M., HOCHLEITHNER, C., and HARRISON, L.D. (2005). “Clinical Avian Medicine”, pp.441-450. Spix Publishing, Florida, USA.
- LEKSRISOMPONG, N., ROMERO-SANCHEZ, H., PLUMSTEAD, P.W., BRANNAN, K.E., YAHAV, S., and BRAKE, J. (2009). “Broiler Incubation. 2. Interaction of Incubation and Brooding Temperatures on Broiler Chick Feed Consumption and Growth”, *Poultry Science*, 88: 1321-1329.
- MORAES, V.M.B., MALHEIROS, R.D., FURLAN, R.L., BRUNO, L.D.G., MALHEORIS, E.B., and MACARI, M. (2002). “Effect of Environmental Temperature During The First Week of Brooding Period on Broiler Chick Body Weight, Viscera and Bone Development”, *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 4(1): 1-8.
- OLFATI, A., MOJTAHEDIN, A., SADEGHI, T., AKBARI, M., and MARTINEZ-PASTOR, F. (2018). “Comparison of Growth Performance and Immune Responses of Broiler Chicks Reared Under Heat Stress, Cold Stress and Thermo-neutral Conditions”, *Spanish Journal of Agricultural Research*, 16(2): 1-7.
- ORLEWICK, M.S., and VOVCHUK, E. (2013). “Alanine Aminotransferase. New York: Medscape”. <http://emedicine.medscape.com/article/2087247-overview->, 15.03.2018.
- SAS (Versiyon 9.2). 2002–2010. SAS/STAT User’s Guide. Version 9.2. SAS Inst. Inc, Cary, NC.

- SOHAIL, M.U., HUME, M.E., BYRD, J.A., NISBET, D.J., IJAZ, A., SOHAIL, A., SHABBIR, M.Z., and REHMAN, H. (2012). "Effect of Supplementation of Prebiotic Mannan-Oligosaccharides and Probiotic Mixture on Growth Performance of Broilers Subjected To Chronic Heat Stress", *Poultry Science*, 91: 2235-2240.
- TAWFEEK, S.S., ABDALLA HASSANIN, K.M., and IBRAHIM YOUSSEF, I.M. (2014). "The Effect of Dietary Supplementation of Some Antioxidants on Performance, Oxidative Stress, and Blood Variables İn Broilers Under Natural Summer Conditions", *Journal of World Poultry Research*, 4(1): 10-19.
- YAHAV, S., and HURWITZ, S. (1996). "Induction of Thermotolerance in Male Broiler Chickens by Temperature Conditioning at An Early Age", *Poultry Science*, 75: 402-406.
- YARDIBI, H., and TURKAY, G. (2008). "The Effects of Vitamin E on The Antioxidant System, Egg Production and Egg Quality in Heat Stressed Laying Hen", *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 32: 319-325.

PERİYODİSITE GÖSTEREN SİİRT FISTIĞINDA (*Pistaciavera* L.) ÇÖZÜNEBİLİR ŞEKERLERİN ANALİZ EDİLMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Behcet İNAL

Siirt Üniversitesi

Ayşe ASLAN

Siirt Üniversitesi

Özet: *Pistaciacinsi*, Anacardiaceae familyasına ait olup yapılan son çalışmalara göre 9 tür, 5 tane de alt tür içermektedir. Dünyada Antep fıstığı üretimi yaygın olup İran, ABD, Türkiye, Suriye, İtalya ve Yunanistan en fazla üretimin olduğu ülkeler arasında yer almaktadır. Ülkemizde Antepfıstığı yetiştiriciliği 56 ilimizde yapılmaktadır. Ancak Güneydoğu Anadolu Bölgesi üretimin %94'ünü karşılamaktadır.

Antepfıstığı yenilebilir, lezzetli, besin değeri yüksek ve ekonomik bakımından önemli bir bitkidir. Antepfıstığında ve birçok bitki çeşidinde görülen periyodisite, yetiştiricilikte karşılaşılan önemli sorunlar arasında yer almakta ve üretici açısından gelir kaybına neden olmaktadır. Periyodisite bitki çeşitlerinin bir yıl çok ürün vermesi onu takip eden yılda az ya da hiç ürün vermemesi olayına denilmektedir. Günümüzde daha çok periyodisite fizyolojik olarak çalışılmıştır. Bu çalışmada, Siirt çeşidi Antepfıstığında periyodisite mekanizmasına etkili olabilecek fitokimyasal parametrelerin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Siirt fıstığının var ve yok yıllarına ait yaprak, gövde ve meyve örnekleri toplanmıştır. Daha sonra bu doku örneklerinde, periyodisite ile ilişkili olduğu düşünülen çözünebilir şekerler olan Fruktoz, Glukoz ve Sükroz miktarları HPLC tekniği kullanılarak ölçülmüştür.

Çalışma sonucunda fıstık ağacında periyodisite ile ilişkili olabilecek şekerlerin çoğu var yılı yaprak ve gövde dokularında yok yıla göre farklılıklar göstermiştir. Ayrıca ham meyve ve olgun meyve örneklerinde de çözünebilir şekerlerin miktarında özellikle olgun meyvede artış gözlemlenmiştir. Bu da meyve olgunlaşmasında çözünebilir şekerlerin önemli olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Siirtfıstığı, Fitokimyasal, Şeker, Periyodisite

Analysis of Soluble Sugars Related to Alternate Bearing in *Pistaciavera* L. cv.Siirt

Abstract: The genus *Pistacia* belongs to the Anacardiaceae family includes nine species and five subspecies. Pistachio production in the world is common in Iran, the US, Turkey, Syria, Italy and Greece respectively. Pistachio cultivation in our country is made in 56 cities. However, production in the Southeastern Anatolia Region meets 94% of the total production in Turkey.

Pistachio is edible, delicious, nutritionally high and economically important plant. Periodicity seen in pistachio and many plant varieties is one of the important problems encountered in aquaculture and causes loss of income for the producer. Periodicity means that the plant gives more than one year of product and does not give any or more products in the following year. Today, periodicity is studied physiologically more. In this study, it is aimed to investigate phytochemical parameters which may be effective on the mechanism of periodicity in *Pistaciavera* L. cv. Siirt. For this purpose, the leaves, stem and fruit samples of *P.vera* L. cv. Siirt were collected. Then, in these tissue samples, the amount of Fructose, Glucose and Sucrose, which are thought to be related to the periodicity, were measured by HPLC technique.

Most of the soluble sugars that may be related to periodicity in *P.vera*L. cv. Siirt showed differences in leaf and stem tissues. In addition, in the samples of raw fruit and mature fruit, the amount of soluble forms increased, especially in mature fruits. Consequently, it was found that soluble sugars were important in the fruit ripening.

Keywords: *Pistaciavera*L. cv. Siirt, Phytochemical, Sugar, Periodicity

1. GİRİŞ

Pistaciacinsi, Anacardiaceae familyasına ait olup yapılan son çalışmalara göre 9 tür, 5 tanede alttür içermektedir (Zohary, 1952; Kafkas, 2006; Al-Saghir ve Porter, 2015). Antep fıstığının kültüre alınması çok eskilere dayanmaktadır. İlk olarak Antep fıstığı, Etiler döneminde Güneydoğu Anadolu’da kültüre alınıp, yine o çağlarda kral sofralarda misafirlere ikram edilen ve önemli bir ürün olduğu görülmektedir (Külekcı ve Aksoy, 2011)

Dünyada Antep fıstığı üretimi yaygın olarak yapılmaktadır. İran, ABD, Türkiye, Suriye, İtalya ve Yunanistan üretimin en fazla olduğu ülkeler arasında yer almaktadır. Ayrıca üretim bu ülkeler arasında sabit bir şekilde artmaktadır (Tunalıoğlu ve Taşkaya, 2003). 2016 yılı itibariyle ülkeler arasında dünya Antep fıstığı üretiminde ABD ilk sırada yer almaktadır. Türkiye ise dalgalı üretim yapısı ile rekoltenin yüksek olduğu sezonlarda ABD ve İran’dan sonra üçüncü sırada yer almaktadır.

Yenilebilir, lezzetli, besin değeri yüksek ve ayrıca ekonomik bakımdan önemli bir bitki olan Antep fıstığı Türkiye’de ve diğer Ortadoğu ülkelerinde “altın ağacı”, “yeşil altın”, “meyvelerin kralı” veya “kralların meyvesi” olarak tanımlanmaktadır (Ayfer, 1990). Antep fıstığı çoğu bitki türlerinin aksine tamamen kuru koşullarda, sulama yapılmadan taşlık, kayalık alanlarda ve fakir topraklarda bile yetişebilen lezzet ve besin değeri yüksek bir bitki olarak tanımlanmaktadır (Ayfer, 1990; Tilkat, 2006). Gıda ve ekonomi sektöründe önemli bir yere sahip olan Antepfıstığı yüksek besin içeriğine sahip bir bitkidir (Külekçi ve Aksoy, 2011). Ülkemizde Antep fıstığı yetiştiriciliği 56 ilimizde yapılmaktadır. Ancak Şanlıurfa, Gaziantep, Adıyaman, Siirt, Kahramanmaraş, Mardin ve Diyarbakır Antep fıstığı üretimi bakımından ilk sıralarda yer almaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi üretimimizin % 94’ünü karşılamaktadır. Ayrıca Güneydoğu Anadolu Bölgesi kendine özgü ekolojik özellikleri sebebiyle Antep fıstığının başarılı bir şekilde yetişmesine ve yaygınlaşmasına öncülük etmiştir (Ak ve Açar, 2001; Tunalıoğlu ve Taşkaya, 2003; Özden-Tokatlı, 2005). Yaygın olarak Türkiye’de “Siirt”, “Uzun”, “Kırmızı”, “Ohadi” ve “Halebi” Antep fıstığı çeşitlerinin yetiştiriciliği yapılmaktadır (Kendirci, 2008; Akyüz, 2012). Bazı meyvelerde olduğu gibi Antepfıstığında da periyodisite (düzensiz meyve verme) görülmektedir. Periyodisite gösteren Antepfıstığı üretimi yapılan ülkelerde ürün yılı aynı yıllara denk gelmediğinden ihracat ve ithalat’da yıllara göre değişmektedir (Tunalıoğlu ve Taşkaya, 2003).

1.1. Periyodisite (Alternans)

Zeytin, elma, armut, fıstık, fındık ve mandarinler gibi birçok meyvede görülen fizyolojik bir olaydır (Özbek, 1978; Monselise ve Goldschmidt, 1982). Periyodisite veya alternans bazı meyve çeşitlerinin bir yıl çok ürün vermesi onu takip eden yılda az ya da hiç ürün vermemesi olayına denilmektedir. Fazla ürün veren yıl var yılı, az ya da hiç ürün vermeyen yıl yok yılı olarak tanımlanmaktadır. Periyodisite bir ağaçta farklı etkide gösterebilmektedir. Yani bir ağaç üzerinde her bir dalda var yılı veya yok yılı şeklinde de olabilmektedir. Bir yıl çok meyve verip ertesi yıl hiç meyve vermemesine mutlak periyodisite, az meyve vermesine de kısmi (oransal) periyodisite denilmektedir. Bu yüzden bazı meyve türleri mutlak periyodisite gösterirken bazıları oransal periyodisite göstermektedirler (Özbek, 1978; Buban ve Faust, 1982; Ulger ve ark., 2004; Turhan, 2011).

Periyodisite gösteren bir ağaçtaki toplam meyve miktarı var ve yok yılları arasında yüksek bir farklılık göstermektedir. Bu farklılık iki katı veya daha fazla olabilmektedir. Verim yılında çok fazla üründen dolayı istenilen büyüklük ve renk sağlanamazken, verimsiz geçen yılda ise iri meyvelerden ötürü fizyolojik bozukluklar

ortaya çıkmaktadır. Bu olumsuzluk her iki yılda da ürünleri pazarlanamaz duruma getirmektedir (Jonkers, 1979; Bukovac ve ark., 2006). Antep fıstığında görülen periyodisitede diğer meyve türlerinden farklı olarak her yıl çok fazla miktarda çiçek tomurcuğu oluşmaktadır. Fakat bu çiçek tomurcukları var yılında dökülmektedir. Bu sebepten dolayı Antep fıstığında görülen periyodisite çiçek tomurcuklarının oluşması değil de, çiçek tomurcuklarının dökülüp ağaçta durmamaları sonucunda meydana gelmektedir (Spann ve ark., 2008).

1.2. Antep Fıstığının Siirt Çeşidi

Siirt çeşidi çıtılma oranı yüksek, kemik kabuğu açık renkli ayrıca gösterişli ve meyve iriliği bakımından istenilen büyüklükte olması sebebiyle iyi pazar bulabilmektedir. Şekil olarak yuvarlak olan Siirt çeşidi genellikle çerezlik olarak tüketilmektedir. GAP bölgesi için ve yeni kurulacak bahçelere tavsiye edilen ürünlerin başında gelmektedir.

Siirt çeşidi Antep fıstığı ve içinin bazı fiziksel özellikleri Tablo 1.5’de gösterilmektedir (Polat ve Ülger, 2001) (Tablo 1.5).

Tablo 1.5. Siirt çeşidi Antep fıstığı ve içinin bazı özellikleri (Polat ve Ülger, 2001)

	Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)	Ağırlık (g)	Çıtılma Oranı (N)
Meyve	22,13	12,28	11,81	1,40	221,66
İç	17,03	8,73	8,73	0,54	-

Siirt çeşidi oransal periyodisite gösterip bir yıl tam onu takip eden yıl ise yarım olmak üzere hemen her yıl ürün verebilmektedir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma, Siirt yöresinde bulunan Antep fıstığının ‘Siirt’ çeşidi üzerinde planlanmıştır. Araştırma materyali Siirt Gökçebağ köyünde bulunan münferit fıstık bahçelerinden işaretlenmiş fıstık ağaçlarından sağlanmıştır. Yok yılı için örnekler 2015, var yılı için ise 2016 yılında toplanmıştır. Özellikle moleküler analizler için

alınan örnekler, kuru buz ortamında alınmış ve deney aşamasına kadar -80°C 'de saklanmıştır. Analizler yaprak, gövde ve meyve dokuları baz alınarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada fizyolojik parametrelerin analizleri Siirt Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarının alt yapısı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Siirt fıstığında var-yok yıllarına ait doku örnekleri alınarak, şekerler (glikoz, fruktoz, sükroz, maltoz)'in analizleri yapılmıştır.

2.1. Yöntem

Fıstık bitkisinde alınan örneklerde şeker (glikoz, fruktoz, sakkaroz, maltoz) miktarının tayini HPLC ile TSE13359 yöntemine göre yapılmıştır. Kurutulmuş fıstık örnekleri havanda öğütülüp un haline getirilmiştir. Un haline getirilmiş fıstıktan 2,5 gram alınarak falkon tüpüne konulup üzerine 7,5mL % 25'lik (75:25 H₂O:CH₃OH) metanol çözücüsü eklenmiştir. Daha sonra 200 rpm de, 40 °C'de 45 dakika çalkalanmıştır. Daha sonra 6000 rpm'de 5 dksantrifüjlenmiştir. Santrifüjlenen örneğin süpernatant kısmından alınıp 0,25'lik mikro filtreden geçirilerek vialde alındı ve HPLC cihazına verilmiştir

HPLC koşulları

Analitik kolon: 250mmX4,6 mm ID, hipersilgoldamino

Akış hızı: 1,3 mL/dk

Hareketli Faz: Asetonitril su karışımı (ACN:H₂O) 82:18

Kolon sıcaklığı: 30 °C \pm 1 °C

Enjeksiyon hacmi: 20 μ L

3. BULGULAR

Antep fıstığında periyodisite mekanizmasında karbonhidrat etkisini görmek için var ve yok yıllarına ait yaprak, gövde örnekleri alınmıştır. Ayrıca meyve olgunlaşması sürecinde şekerlerin etkisini görmek için ham ve olgun meyve örnekleri analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir (Tablo 3.1, Tablo 3.2, ve Tablo 3.3). Ham ve Olgun meyve karşılaştırıldığında, meyveden yüksek şekerin früktoz ve glikoz özellikli olduğu belirlenmiştir. Toplam şeker miktarının ham meyveye oranla olgun meyvede daha fazla olduğu görülmüştür (Tablo 3.1). Tekin (1992)'de yaptığı bir çalışmada, olgun dönemde meyvenin hızlıca gelişmesi ve olgunluğa erişmesi, çirdek ve üreme

iç güdüsünün meyve tomurcukları yarışmasında, karbonhidrat yarışını meyvelerin üstünelerek kazanması sonucu meyve gözlerinin döküldüğünü bildirmiştir

Tablo 3.1. Siirt fıstığı olgun ve ham meyve dokusuna ait şeker analizi (g/kg)

Örnekler	Fruktoz	Glukoz	Sükroz	Maltoz	Toplam Şeker
Olgun meyve	12,34	13,04	0,86	1,55	27,79
Ham meyve	2,34	3,14	5,97	0,61	12,06

Elde edilen bulgulara göre; bitkinin yaprak ve gövde kısmında var yılındaşeker miktarının yok yılına oranla azalma gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca yaprak kısmında yok yılına göre var yılında fruktoz ve sükroz oranında önemli bir azalma görürken glukoz ve maltoz oranında önemli bir artış görülmüştür. Gövde kısmında iseyok yılına göre var yılında çalışılan şeker çeşitlerinin tümünde azalma görülmüştür. Toplam şeker kıyaslandığında yok yılının var yılına oranla daha fazla şeker bulunduğunu görülmüştür.

Tablo 2. Siirt fıstığı yok yılı yaprak ve gövde dokularına ait şeker analizi (g/kg)

Örnekler	Fruktoz	Glukoz	Sükroz	Maltoz	Toplam Şeker
Yok yılı gövde	12,50	14,62	1,22	2,33	30,67
Yok yılı yaprak	20,65	15,91	0,44	1,08	38,08

Tablo 3. Siirt fıstığı var yılı yaprak ve gövde dokularına ait şeker analizi (g/kg)

Örnekler	Fruktoz	Glukoz	Sükroz	Maltoz	Toplam Şeker
Var yılı gövde	12,00	12,12	0,06	1,81	25,99
Var yılı yaprak	19,92	17,79	0,09	2,83	40,63

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Siirt çeşidi antep fıstığında çözünabilir şekerlerin periyodisite mekanizmasındaki etkisini belirlemek amacıyla Siirt çeşidinin yaprak, gövde ve meyvedokuları kullanılmıştır. Bu dokular var ve yok yıllarına ait fıstık ağaçlarından alınmıştır. Alınan doku örneklerinin periyodisite ile ilişkili parametrelerinin analizleri yapılmıştır. HPLC yöntemi kullanılarak şeker analizleri yapılmıştır.

Buna göre var ve yok yıllarına ait yaprak, gövde ve meyve dokularındaki şekeranalizi sonucunda yoğun olarak sırasıyla fruktoz, glukoz, maltoz ve sükroz tespit edilmiştir. Periyodisite açısından bakıldığında toplam şeker miktarı var yılına oranlayok yılında daha fazla görülmüştür. Şekerlerin meyve içerisindeki etkisi ise ham-meyvede azalan toplam şeker meyve olgunlaştıkça tekrar artmıştır.

Yapılan analizler sonucu fıstık ağacında periyodisite ile ilişkili olabilecek bazı çözünabilir şekerlerin seviyeleri var-yok yılı örnekler de çeşitlilik göstermiştir. Ancak yapılan bu tarz çalışmaların dahada genişletilmesi, iklim verilerinden düzenli tutulup kontrol edilmesi söz konusu periyodisite mekanizmasının daha da aydınlatılmasında yardımcı olacaktır.

5. KAYNAKÇA

- Al-Saghir, M.G. and Porter, D.M.,(2012). Taxonomic Revision of the Genus Pistacia L.(Anacardiaceae), *American Journal of Plant Sciences*, 3:12-32.
- Ayfer, M.,(1990). Antep fıstığının dünü, bugünü ve geleceği, *Türkiye 1. Antep fıstığı Sempozyumu-Bildiriler*, Gaziantep, 14-23.
- Ak, B.E. and Acar, I.,(2001). Pistachio production and cultivated varieties grown in Turkey, International Workshop on Pistachio: Towards a Comprehensive Documentation of Distribution and Use of Its Genetic Diversity in the CWANA Region, *Peport of the IPGRI workshop*, 14-17 December 1998, Irbid, Jordan, p:27-34.
- Ak, B.E. and Kaşka, N.,(1992). Antep fıstığı yetiştiriciliğinde sık dikimin verime etkisi üzerinde bir araştırma, *Türkiye 1. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi*, 13-16 Ekim, İzmir, s. 63-66.
- Akyüz, M.A.,(2012). Antep fıstığında Siirt x Bağıolu F1 populasyonu kullanılarak SSR markörleri ile genetik haritalama, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.
- Buban, T. and Faust, M.,(1982). Flower bud induction in apple trees: internal control and differentiation, *Horticultural Reviews*, 4, 174-203.
- Bukovac, M.J., Sabbatini, P., Schwallier, P.G., (2006). Modifying alternate bearing of spur-type 'Delicious' apple with the phon, *Horticultural Science*, 41(7), 1606-1611.
- Crane, J. C. and Nelson, M. M.,(1971). The unusual mechanism of alternate bearing in the Pistachio, *Horticultural Science*, 6 (5), 489-490.
- Jonkers, H., (1979). Biennial bearing in apple and pear: a literature survey, *Scientia Horticulturae*, 11(4), 303-317
- Kafkas, S.,(2006). Phylogenetic analysis of the genus Pistacia by AFLP markers, *Plant Systems and Evolution*, 262 (1-2), 113-124.
- Külekçi, M. ve Aksoy, A.,(2011). Gaziantep ili dağ ve ova köylerinde Antep fıstığı üretim maliyetlerinin karşılaştırılması, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(1), 41-52.
- Kendirci, P.,(2008). Ülkemizde Yetiştirilen Bazı Antep fıstığı Çeşitlerinin Lezzet Özelliklerinin Belirlenmesi ve Kavurma İşleminin Bu Özelliklere Etkisinin İncelenmesi, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.
- Goldschmidt, E.E., and Monselise, S.P., (1982). Alternate bearing in fruit trees, *Horticultural Reviews*, 4, 128-173.

- Özbek, S.,(1978).Özel meyvecilik, *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*,128, 486s.
- Özden-Tokatlı, Y.,(2005). Antep fıstığı (*Pistaciavera*L.) bitkisinin doku kültürüyöntemleri ile in vitro rejenerasyonu ve mikroçağaltımı, Doktora Tezi, *Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü*, 162 s.
- Polat, R. ve Ülger, P., (2001). Antep fıstığının bazı fiziko mekaniksel özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma, *Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*, Erzurum, 523-528.
- Spann, R.C.,Beede, R.H., Dejong, T.M., (2008). Seasonal carbohydrate storage and mobilization in bearing and non-bearing Pistachio (*Pistaciavera*) trees, *Tree Physiology*, 28, 207-213.
- Tunalıoğlu, R. ve Taşkaya, B.,(2003). Antep fıstığı, *Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü*,2(5), 1-4.
- Tilkat, E.,(2006). Erkek Antep fıstığı (*Pistaciavera*L. cv. 'Atlı') ağaçlarının in vitro mikroçağaltılması, Doktora Tezi, *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 144.
- Turhan, E.,(2011). Bahçe Bitkilerinin Fizyolojik Esasları, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 245s.
- Ulger, S., Sönmez, S., Karkacier, M., Eroym, N., Akdesir, O., Aksu, M., (2004). Determination of endogenous hormones, sugars and mineral nutrition levels during the induction, initiation and differentiation stage and their effects on flower formation in olive, *Plant Growth Regulation*, 42,89-95.
- Zohary, M.,(1952). A monographical study of the genus *Pistacia*, *Palestianian Journal of Botany (Jerusalem)* 5,187-228.
- Tekin, H., (1992). Gaziantep yöresinde topraktan ve yapraktan yapılan farklı gübre uygulamalarının Antep fıstığının yaprak bileşimi, gelişme, verim ve ürün kalitesi etkilerinin araştırılması, *Antep Fıstığı Araştırma Enstitüsü Yayınları*.

D- TEKSTİL SEKTÖRÜ UYGULAMALARI

ALÜMİNYUM VE BAKIR TOZLARI İLE KAPLANMIŞ KUMAŞLARIN SOLAR ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Arş. Gör. Gizem MANASOĞLU

Uludağ Üniversitesi

Prof. Dr. Mehmet KANIK

Uludağ Üniversitesi

Özet: Çalışmanın amacı farklı tanecik boyutlarında ve konsantrasyon değerlerinde alüminyum ve bakır tozları ile kaplanmış kumaşların solar özelliklerini incelemektir. Ön işlem görmüş %100 poliester dokuma zemin kumaşlarına 14 ve 40 µm tanecik boyutunda alüminyum, 15 ve 42 µm tanecik boyutunda bakır tozları ile 10 ve 40 g/kg konsantrasyon değerlerinde kaplamalar yapılmıştır. Kaplamalar silindir üstü bıçak kaplama metodu ile 0,5 mm kalınlığında gerçekleştirilmiştir. Shimadzu UV-3600 Plus model spektrofotometre ile 280-2500 nm aralığında yapılan ölçümler ile kaplama malzemesinin, tanecik boyutunun ve konsantrasyonun kumaşların solar özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Her iki metal tozu için de konsantrasyon ve tanecik boyutundaki artış ile birlikte kaplanmış kumaşların solar yansıtma değerlerinde belirgin bir artış gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tekstil, kaplama, alüminyum tozu, bakır tozu, solar yansıtma.

Investigation of Solar Properties of Aluminum and Copper Powder Coated Fabrics

Abstract: The aim of the study is to investigate the solar properties of fabrics coated with aluminum and copper powders in different particle sizes and concentration values. Pre-treated 100% polyester woven fabrics were coated with 14 and 40 µm particle size aluminum powders and 15 and 42 µm particle size copper powders at 10 and 40 g/kg concentration rates. Coatings were performed by knife over roll technique at 0,5 mm thickness value. Effects of the coating material, particle size and concentration on the solar properties of the fabrics were examined with measurements that performed with Shimadzu UV-3600 Plus spectrophotometer at the range of 280-2500 nm. A significant increase in the solar reflectance values of the coated fabrics was

observed with the increase of particle size and concentration for both metal powders.

Keywords: Textile, coating, aluminum powder, copper powder, solar reflection.

1. INTRODUCTION

Coated fabrics find an important place among technical textiles and are one of the most important technological processes in the modern industry (Sen, 2007:246). Coated fabrics are engineered composite materials, produced by a combination of a textile fabric and a polymer coating applied to the fabric surface (Fung, 2002:416). With the developments in polymer and material technology coated textiles can be used in more sophisticated applications such as aerospace, automotive, electronic, geotextile, military and air conditioning (Akovali, 2012:500).

Due to factors such as rapid technological developments in the world, economic growth and population growth, energy needs and consumption are increasing rapidly (Keskin, 2010:74).

Buildings consume a significant large amount of energy for cooling, heating, ventilation and lighting in buildings to create desirable thermal comfort conditions (Maleki, 2011:72-79).

In addition to the use of suitable glass and frame systems to reduce losses from windows, the use of energy saving curtains and curtain systems is also an effective method.

In this study, polyester fabrics were coated with aluminum and copper powders to obtain high reflective property. Effect of particle size and concentration of metallic powders were investigated. This study is a part of the project titled “Development of Curtain Fabric Structures for Energy Saving in Buildings” supported by Tübitak 1001 program.

2. EXPERIMENTAL

2.1. Material

Pre-treated 100% polyester woven fabrics were used as base material. Aluminum powders having a particle size of 14 and 40 microns and copper powders having a particle size of 15 and 42 microns were used as filler materials. The other coating chemicals that were used in the stock paste were given in Table 1.

Table 1. Coating Chemicals

Stock Paste
Binder
Fixation agent
Synthetic thickener
Anti-foam agent
Ammonia
Water

2.2. Method

2.2.1. Preparing Coating Paste

The coating pastes were prepared with mixing coating chemicals (Table 1) and aluminum or copper powders at 10 and 40 g/kg concentration rates. Viscosity values of pastes were adjusted as 7000 ± 200 centipoises and this value was constant for every coating paste. Brookfield RVT analog viscometer was used for viscosity measurements.

2.2.2. Coating and Curing

Coatings were made according to knife over roll principle on a laboratory coating machine (Ataç GK 40 RKL). The sharp pointed knife was used and the between the knife and fabric was arranged as 0.5 mm. Coated fabrics were dried at 100°C for 10 minutes. After that, they were cured at 160 °C for 3 minutes on the steamer. Five fabrics were coated for every material and concentration group and three of them were selected for the measurements.

2.2.3. Measurements of Solar Properties

The UV-VIS-NIR spectrophotometer of Shimadzu, which works in accordance with EN 14500: 2008 standard was used to measure the solar properties of fabrics. The results were calculated with an excel program according to EN 410 standard. The program outputs were given in Table 2.

Table 2. Program Outputs

Symbol (%)	Definition
Tuv	UV transmittance
Tv	Visible transmittance
Ts	Solar transmittance
Rv	Visible reflectance
Rs	Solar reflectance
As	Solar absorbance

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Solar Properties of Aluminum Powder Coated Fabrics

The measurement results of the fabrics coated with 14 and 40 micron aluminum powders at 10 and 40 g/kg concentration rates were given in Table 3.

Table 3. Results of Aluminum Coated Fabrics

Particle Size (μm)	14		40	
	10	40	10	40
Tuv	1,510	0,004	0,884	0,009
Tv	7,271	0,022	4,208	0,047
Ts	7,282	0,042	4,239	0,054
Rv	40,975	55,406	57,360	69,034
Rs	40,137	54,601	57,037	68,692
As	52,581	45,357	38,724	31,254

For 40 micron aluminium coated fabrics the solar transmittance value for the concentration of 10 g/kg was 4,239% while the solar reflectance value was 57,037%. These values were 0.054% and 68.692%, respectively for 40 g/kg concentration rate. Due to the increase in concentration, solar transmittance and absorbance values decreased and solar reflectance values increased. The same applies to coatings made with 14 micron aluminum powder. As the concentration value was constant, with the

increase in the particle size, the solar transmittance and absorbance values decreased and the solar reflectance values increased.

3.2. Solar Properties of Copper Powder Coated Fabrics

The measurement results of the fabrics coated with 15 and 42 micron copper powders at 10 and 40 g/kg concentration rates were given in Table 4.

Table 4. Results of Copper Coated Fabrics

Particle Size (μm)	15		42	
	10	40	10	40
Tuv	1,049	0,213	2,831	0,478
Tv	8,709	1,999	17,570	3,823
Ts	10,122	2,758	18,993	4,987
Rv	25,405	29,230	34,603	35,202
Rs	33,997	41,336	40,910	47,928
As	55,881	55,906	40,097	47,085

For 42 micron copper coated fabrics the solar transmittance value was 18,993% while the solar reflectance value was 40,910% for 10 g/kg concentration rate. These values were 4,987% and 47,928% respectively for 40 g/kg concentration. The solar transmittance decreased and the solar reflectance and absorbance values increased with increasing of copper concentration. In contrast to aluminum, the increase in absorption value can be explained by the fact that copper pigments have a characteristic color. As the color darker with the increase in concentration, the absorption also increased slightly. When the particle size of copper powder examined the results showed that higher solar reflectance value was obtained with bigger particle size.

4. CONCLUSION

In this study, solar properties of fabrics coated with different particle sizes and different concentrations of aluminum and copper powders were investigated.

According to results the solar reflectance property enhanced with metallic pigment coatings as expected. But aluminum coatings were more efficient than copper coatings for solar reflectance property. The highest reflectivity was achieved with coatings having the bigger particle size with a higher concentration rate.

5. REFERENCES

- AKOVALI, G. (2012). “Thermoplastic Polymers Used in Textile Coatings”, s.1-24, (Ed.) AKOVALI, G., *Advances in Polymer Coated Textiles*, Smithers Rapra.
- FUNG, W. (2002). *Coated and Laminated Textiles*, Woodhead Publishing, Cambridge.
- KESKİN, T. (2010). *Binalar Sektörü Mevcut Durum Değerlendirmesi Raporu, Türkiye'nin Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı'nın Geliştirilmesi Projesi*.
- MALEKI, B.A. (2011). “Shading: Passive Cooling and Energy Conservation in Buildings”, *International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering*, 3(4):72-79.
- SEN, A. K. (2007). *Coated Textiles: Principles and Applications*, CRC Press.

AUXETIC MALZEMELERİN YAPISAL ÖZELLİKLERİ, AUXETIC TEKSTİLLER VE UYGULAMA ALANLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Doç.Dr. Mine AKGÜN
Bursa Uludağ Üniversitesi

Selin KESKİN
Bursa Uludağ Üniversitesi

Harun SERİNÇAY
Bursa Uludağ Üniversitesi

Özet: Mühendislikte kullanılan malzemelerin büyük bir kısmı pozitif Poisson oranlarına sahip olmakla birlikte sınırlı sayıdaki malzeme negatif Poisson oranına sahiptir. Negatif Poisson oranına sahip malzemeler auxetic malzemeler olarak adlandırılmaktadır. Auxetic materyaller, eksenel yönde uzatıldığında yanıl olarak genişler ve sıkıştırıldığında yanıl olarak daralırlar. Bir auxetic malzeme sadece gerildiğinde genişlemekle kalmaz, aynı zamanda sıkıştırıldığında her yönüyle tersine daralır. Negatif Poisson oranına sahip malzemeler, pozitif Poisson oranına sahip malzemelerle karşılaştırıldıklarında önemli avantajlara sahiptirler. Bu avantajlar; ekstra sürtünme dayanımı, kopma dayanımı, artırılmış çentik direnci, geliştirilmiş kırılma tokluğu, akustik davranış, senkronize davranış, geliştirilmiş enerji emme özellikleri, ıslak verimlilik, tutunma dayanımı (ara yüzey / matris), gelişmiş kesme direncidir. Auxetic malzemelerin yeni tasarlanacak uygulama alanları için uygun formlarda kullanılabilmesi, bu malzemelerin mikro ve makro özelliklerinin tam olarak anlaşılması ile mümkün olabilecektir. Bu çalışmada, auxetic malzemelerin yapısal ve mekanik özellikleri ve ayrıca uygulama alanları ile ilgili literatürde yapılan araştırmalar değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Auxetic Yapılar, Auxetic Tekstil Yapıları

A Review on Structural Properties of Auxetic Materials, Auxetic Textiles and Their Applications

Abstract: Most of the materials used in engineering have positive Poisson ratio, but a limited number of materials have a negative Poisson ratio. Materials with a negative Poisson ratio are called auxetic materials. Auxetic materials expand laterally when stretched longitudinally and contract laterally

when compressed. An auxetic material not only expands when stretched, but also contracts in all opposite directions when compressed. Materials with a negative Poisson ratio have significant advantages compared to materials with a positive Poisson ratio. These advantages; extra friction resistance, breaking strength, increased indentation resistance, improved fracture resistance, acoustic behavior, synchronous behavior, improved energy absorption properties, wet efficiency, adhesion resistance (interface / matrix), improved shear resistance. Auxetic materials can be used in suitable forms for newly designed application areas, it will be possible to fully understand the micro and macro properties of these materials. This paper reviews research related to auxetic materials structural and mechanical properties and also their application areas.

Keywords: Auxetic Structures, Auxetic Textile Structures

1.GİRİŞ

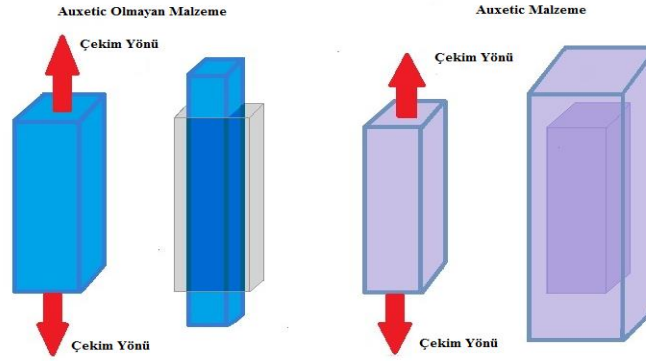
Negatif Poisson oranına sahip malzemeler auxetic malzemeler olarak adlandırılmaktadır. Yunanca sözcük “auxetikos” tan türeyen bu isim “artmaya eğilimli olan” anlamına gelmektedir. İzotropik sistemlerde, Poisson oranı yönden bağımsızdır, ancak anizotropik materyaller söz konusu olduğunda, bu oranın belirlenmesi, gerilme yönüne ve diğer yönler bağılıdır (Carneiro vd., 2013:561). Auxetic materyaller negatif Poisson oranı göstermeleri bakımından pozitif Poisson oranına sahip malzemeden farklıdır. Eksenel yönde uzatıldığında yan al olarak genişler ve sıkıştırıldığında yan al olarak daralır (Şekil 1) (Rant vd., 2013:715; Evans vd., 1991:124). Bir auxetic malzeme sadece gerildiğinde genişlemekle kalmaz, aynı zamanda sıkıştırıldığında her yönüyle tersine daralır (Evans ve Alderson, 2000:148; Choi ve Lakes, 1991:205). Poisson oranı (ν) (Eşitlik 1), diğer bir ifade ile esneklik katsayısı, cisimlerdeki enine şekil değiştirmenin boyuna şekil değiştirmeye negatif oranıdır (Uzun, 2010: 13).

$$\nu = - \frac{\text{enine şekil değiştirme}}{\text{boyuna şekil değiştirme}} \quad (1)$$

Mühendislikte kullanılan malzemelerin çoğu gerildiğinde kesitte daha incedir; örneğin bir lastik bant veya bir demir çubuk gerildiğinde enine daralma davranışı gösterir. Bu durumda Poisson oranı (ν), elastik eşyönlü (izotropik) malzemeler için teorik olarak genellikle 0 ile +0.5 arasında pozitifdir ve hacim korunmasına duyulan ihtiyacı yansıtır. Poisson oranı, $-1 < \nu < 0.5$ arasında iki teorik sınırla sınırlanmıştır. Üst sınır, sıkıştırılamaz sınırına (sonsuz kütle modülü), alt sınır ise sonsuz bir

kesme modülüne karşılık gelmektedir (Uzun, 2010:13; Bhullar, 2015:205; Yao vd., 2011:585).

Şekil 1. Auxetic olmayan (konvansiyonel malzeme) ve auxetic malzemenin çekme davranışı



Benzer durumlar için, auxetic materyaller kesme kuvvetlerine konvansiyonel (regular) malzemelerden daha dayanıklıdır. Klasik elastisite teorisine göre, çoğu 3D izotropik mühendislik malzemelerinde Poisson oranıyla (ν), Young modülü (E) (elastisite), kesme (kayma) modülü (G) ve hacim modülü (eksenel direngenlik, katınlık) (K) arasında malzeme özelliklerini belirleyecek bağıntılar bulunmaktadır (Eşitlik 2 ve 3) (Carneiro vd., 2013:561; Uzun, 2010:13; Yang vd., 2004:3269). Eşitlik (2) ve (3) incelendiğinde, Poisson oranı azaldıkça kesme modülü ve dolayısı ile kesme direncinin arttığı görülmektedir.

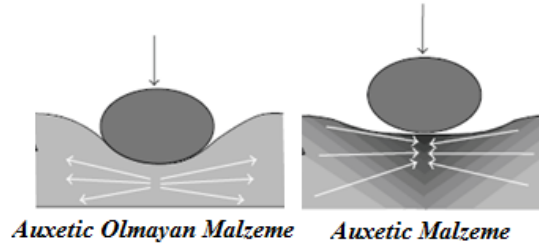
$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)} \quad (2)$$

$$G = \frac{3K(1 - 2\nu)}{2(1 + \nu)} \quad (3)$$

Negatif Poisson oranına sahip malzemeler, pozitif Poisson oranına sahip malzemelerle karşılaştırıldıklarında önemli avantajlara sahiptirler. Bu avantajlar; ekstra sürtünme dayanımı, kopma dayanımı, artırılmış çentik direnci, geliştirilmiş kırılma tokluğu, akustik davranış, senkronize davranış, geliştirilmiş enerji emme özellikleri,

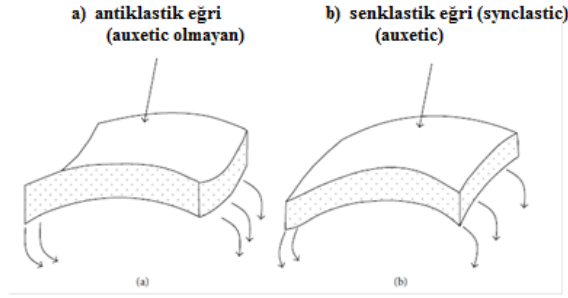
sönümlenme iyileştirmesi, ıslak verimlilik, tutunma dayanımı (ara yüzey/matris), gelişmiş kesme direncidir. Arttırılmış bir çentik direnci, auxetic malzemeleri koruyucu ekipmanlarda kullanıma uygun hale getirir. Geliştirilmiş akustik özellikler, ses yalıtımı uygulamaları için uygundur (Rant vd., 2013:715; Grima vd., 2009:533; Uzun, 2010:13; Evans ve Alderson, 2000:617; Yang vd., 2004:3269; Uzun, 2012:70; Choi ve Lakes, 1992:4678). Auxetic malzemeler, darbe emiliminin önemli olduğu uygulamalarda kullanılabilir. Çeşitli auxetic materyallerin auxetic olmayan materyallere göre daha iyi girinti (indentation) direncine sahip oldukları bilinmektedir (Evans ve Alderson, 2000:148). Auxetic olmayan bir malzeme basıya maruz kaldığında, uygulanan yük malzemeyi lokal olarak sıkıştırır. Bu lokalize basıncı telafi etmek için malzeme uygulanan yüke dik yönde yayılır. İzotropik bir auxetic malzemedeki bir bası oluştuğunda, lokal bir kasılma gözlenir. Uygulanan yük altında yoğunlaşan bir malzeme akışı vardır ve basıya karşı daha yüksek direnç gösteren daha yoğun bir malzeme alanı oluşturulur (Şekil 2). Bundan dolayı, auxetic materyaller, geleneksel materyallere kıyasla geliştirilmiş bir girinti direncine sahip olup, kırılmaya, çatlamaya karşı daha iyi bir direnci sahiptir. Aynı zamanda çatlak yayılımı da düşüktür (Carnerio vd., 2013:561; Evans ve Alderson, 2000:617; Yao vd., 2011:585; Alderson, 1999:384).

Şekil 2. Auxetic olmayan ve auxetic malzemelerde girinti direnci (Oklar, her bir durumda malzemelerin yanıl akışını göstermektedir). (Evans ve Alderson, 2000:148; Evans ve Alderson, 2000:617)



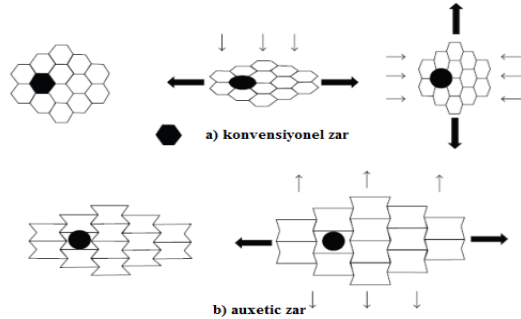
Auxetic malzemeler synclastic (senklastik) davranış sergilerler. Synclastic davranış, bir cismin büküldüğünde kubbe şeklinde deforme olma yeteneğidir (Şekil 3). Malzemelerin mekaniği ile ilgili temel özelliği göz önüne alındığında, bir cisim büküldüğünde gerilme ve basma gerilmelerine maruz kalmaktadır. Bükülme ile cisimde konkav bir deformasyon meydana gelir. Auxetic malzemelerde ise malzemenin sırasıyla dış ve iç kısımlarında bir genişleme ve büzülme vardır. Auxetic materyali bükerken, çekilen malzemenin genişmesi ve sıkıştırılmış kısmın büzülmesinin bir sonucu olarak bir kubbe oluşur (Carnerio vd., 2013:561).

Şekil 3. a) Geleneksel malzemenin kubbe şeklindeki yüzeyi ve (b) auxetic malzemenin kubbe şeklindeki çift kıvrımlı yüzeyi (Evans ve Alderson, 2000:148; Evans ve Alderson, 2000:617)



Auxetic malzemelerin potansiyel bir uygulama alanı, gözenek açıklığının geliştirilmesi ile anti-perspirant içeren giysiler gibi salınım yeteneğinin geliştirilmesinde kullanılabilirliği (Rant vd., 2013:715; Alderson, 2007: 32). Auxetic malzemelerin yüksek hacim değişikliği nedeniyle filamentlerin gözeneklerinden yararlı (anti-bakteriyel) bir ajan salma yeteneğine sahiptir (Ugbolue vd., 2010:660; Hook ve Evans, 2006). Auxetic malzemelerin genleşme ve büzülme davranışlarından dolayı, bu yapıların değişken geçirgenliğe sahip olduğu söylenebilir. Auxetic malzemelerin değişken geçirgenlik özelliğine sahip olması, filtrelemede geçiş basıncını kontrol etmek için farklı boyutlarda ve özel geometrilerle tasarlanabilen akıllı filtrelerin üretiminde kullanılabilir (Şekil 4). Auxetic materyallerin bir uygulama alanı da biyomedikal mühendisliğidir. Bu malzemelerin evrimi, kan pompalandığında duvarlarını genişleten kan damarlarının üretimine veya yeni cerrahi alet ve mekanizmaların geliştirilmesine izin verecektir (Carnerio vd., 2013:56).

Şekil 4. Auxetic olmayan balpeteği ve auxetic balpeteği membran filitrelerde değişken geçirgenlik davranışı (Alderson vd., 2001:6)

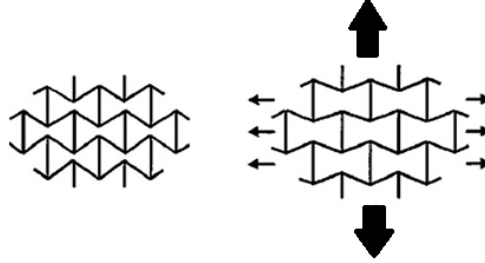


Yapılan çalışmalar, auxetic malzemelerin konvansiyonel malzemelerle elde edilen maksimum yükün iki katından fazla dayanabileceğini göstermiştir. Bu özellik, tekstil takviyeli kompozitler için önemlidir, çünkü bu durum lif ve matris arasında daha güçlü bir yapışma oluşturur (Uzun, 2012: 70). Geliştirilmiş kırılma dayanıklılığı ve sertliği, auxetic malzemelerin geleneksel malzemelerden daha iyi tribolojik özelliklere sahip olabileceğini göstermektedir. Bu, auxetic malzemelerde aşındırıcı etkiyi azaltan özellikler ile doğrulanabilir (Carneiro vd., 2013:561; Uzun ve Patel, 2010:120). Auxetic malzemelerin en belirgin özelliklerinin, çekme yüküne maruz kaldıklarında genişlemeleri olduğunu dikkate alındığında bir uygulama alanı olarak auxetic bağlantı elemanlarının kullanılmasıdır. Auxetic tespit malzemesinin yerleştirilmesi, sıkıştırma altındaki auxetic malzemenin yanal büzülmesiyle kolaylaştırılırken, tutturucunun çıkarılması sırasında tutturucu, gerginlik altındaki delikte kendini daha sıkı bir şekilde genişlettiği ve daha sıkı bir şekilde kilitlediği için, dirençli hale gelmektedir (Carneiro vd., 2013:561; Yao vd., 2011:585). Auxetic malzemeler tekstilde kurşun geçirmez ve patlama etkilerine dayanıklı koruyucu tekstil ürünlerinde (kask, dizlik vb.), gözenek büyüklüklerinin ayarlanabilmesi bakımından giyim konforunun önemli olduğu spor giysileri için hava alabilen kumaşlarda olduğu gibi medikal tekstillerde ilaç salınım özellikli yara bandlarında, gelişmiş hassaslıkta filtre üretiminde, endüstriyel dayanıma sahip halat ve iplik üretiminde, emniyet kemerlerinde, tekstil takviyeli kompozit üretiminde (araç gövdesi veya araba tamponu gibi kompozit materyallerde) kullanılabilirler. Ayrıca, viskoelastik sönümleme malzemeleri, ambalaj, araba koltuk başlıkları ve tampon sistemleri, toprak destekleyici, araç-tren yolu, duvar ve köprü destekleyicisi olarak kullanımı geliştirilebilir özelliklere sahiptir (Uzun, 2010:13; Yao vd., 2011:585; Ugbohue vd., 2010:660). Auxetic köpüklerin bir başka önemli potansiyel uygulama alanı koltuk minderlerinin geliştirilmesi üzerine olmuştur. Bası yaralarının önlenmesinde ve kişilerde basınç kaynaklı rahatsızlığın azaltılmasında auxetic yastıkların yararlı olabileceği bildirilmiştir. Auxetic köpük aynı zamanda, kulaklık süngerlerinde (ABD Patenti US6412593 2002), senklastik çift eğimli yüzeyler oluşturmada (hava sızıntılarının azaltılması) ve ses emme özelliğinde mükemmel özelliklerinden dolayı kulaklık kılıfları için kullanılabilir (Yao vd., 2011:585). Bir kompozit yapı içindeki auxetic lifin, yapı içinden dışarı yönlü bir lif atmasına karşı koyacağı öne sürülmüştür (Alderson ve Alderson, 2007:565). Yapı içinden auxetic lif çekildiğinde, geleneksel bir lifin yapacağı gibi büzülmeden ve kolayca dışarı çekilmekten ziyade matris yapı içinde genişler ve etkili bir şekilde kilitlenir. Böylece, auxetic malzemeler, kavisli sandviç panel kompozit bileşenlerinde ana malzemeler, yönlü geçiş bandı filtreleri, mikro-elektro-mekanik sistem (MEMS) cihazları, filtreler ve elekler, koltuk minderi

malzemesi, enerji emilimi bileşenleri, viskoelastik sönümlenme malzemeleri ve sabitleme cihazları gibi birçok farklı sistemlerde potansiyel uygulamalara sahiptir. Auxetic kompozit laminatlar ve auxetic bileşenler içeren kompozitler aynı zamanda kırılma tokluğundaki, statik ve düşük hızda darbe performansında da enerji emici bileşenlerde iyileştirmeler sağlar (Ugbolue vd., 2010:660). Ses emici materyal olarak auxetic köpükler ve polimerler, geleneksel köpüklerden daha yüksek akustik emilim kapasitesine sahiptir. Auxetic ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilen köpük üzerinde yapılan bir çalışmada, ultrasonik frekanslarda auxetic materyaller, geleneksel malzemelere göre üstün ses emilim davranışı gösterirken, üç kata kadar çıkabilen artışlar görülmüştür. Bu özellik, yalıtımda otomobil panoları uygulamalarında ses emici malzemeler olarak potansiyellerini vurgulamaktadır (Carneiro vd., 2013:561; Evans ve Alderson, 2000:148; Alderson vd.,1997:23).

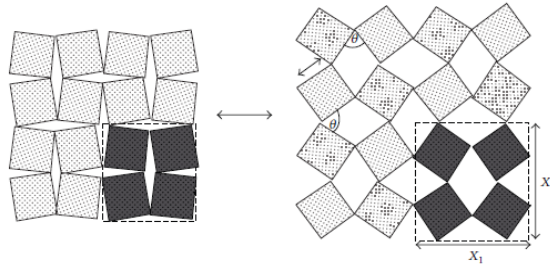
Poisson oranı, malzeme ölçeklerinden bağımsız fiziksel bir parametre olduğundan, auxetic davranış moleküler yapıdan makroskopik seviyeye kadar herhangi bir düzeyde elde edilebilir (Rant vd., 2013:715; Grima vd., 2008:521; Liu ve Hu, 2012:1052). Literatürde başarılı bir auxetic köpük (Lakes, 1987:1038) üretiminden sonra, negatif Poisson oranına sahip çeşitli ürünler araştırılmış, polimerik ve metalik köpükler de dahil olmak üzere petekler (Gibson vd., 1982:25; Lakes, 1991:2287; Alderson ve Alderson, 2007:565; Grima vd., 2005:925) ve mikro gözenekli polimerler imal edilmiştir (Rant vd., 2013:715; Lakes, 1987:1038; Friis vd., 1988:4406; Brandel ve Lakes, 2001:5885; Grima vd., 2005:1341; Grima vd., 2006:214; Lakes ve Elms, 1993:1193). Auxetic malzemelerin mekanizmaları mikro yapılarına, geometrik yapılarına veya deforme olduklarında bu yapıların deformasyon mekanizmalarına bağlıdır (Bhullar, 2015:205; Alderson,1999:384; Choi ve Lakes, 1991:205; Carneiro vd., 2013:561; Grima ve Evans, 2006:3193; Grima vd., 2010:439; Gaspar vd., 2005:2439; Attard ve Grima, 2008:2395; Evans ve Alderson, 2002:225503). Deformasyon mekanizmalarına bağlı olarak, auxetic etki gösteren çeşitli kabul görmüş deformasyon modelleri vardır. Bunlar arasında, (re-entrant) girintili yapılar, dönen rijit ve yarı-rijit deformasyon modeli (Grima vd., 2004:137) ve chiral (kiral) yapılar bulunmaktadır (Carnerio vd., 2013:561). Re-entrant yapılar, dışa doğru çıkıntı yapan kenarlara sahip olan altıgen hücreler tarafından oluşturulur (Şekil 5). Tek eksenli gerilme yükü durumunda, girintili kenarlar eş zamanlı olarak bükülmeye ve çekmeye maruz kalırlar (Liu ve Hu, 2012:1052). Bu deformasyon sonucunda, hücre yüzlerinin aynı anda genişlemesi ve hücresel hacminde artma gerçekleşir. Sonuç olarak, hücrenin boyutları gerilme deformasyonu ile artar ve yapının Poisson oranı negatiftir (Carnerio vd., 2013:561).

Şekil 5. Gerilme anında enine genişlemeyi gösteren iki boyutlu re-entrant (girişli) bal peteği yapısı (Evans ve Alderson, 2000:148)

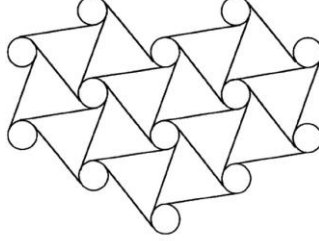


Rijit ve yarı-rijit rotasyon modeli, köşelerinde yarı sert menteşelerle bağlanmış bir geometri sisteminden oluşur. Bu yapılar bir gerilme yüküne maruz bırakıldığında, köşelerdeki menteşeler dönerler ve yapıyı kendi kendine açmak için zorlarlar. Bu tür bir iç yapı, dikdörtgenler, kareler, üçgenler ve diğerleri dahil olmak üzere çeşitli geometrilere elde edilebilir (Carneiro vd., 2013:561; Grima vd., 2004:137; Liu ve Hu, 2012:1052). Şekil 6’ da Auxetic “dönen kare” yapısı geometrisinin (Grima ve Evans, 2000:1563) görseli sunulmuştur.

Şekil 6. Auxetic “dönen kareler” yapısının geometrisi (Grima ve Evans, 2000:1563)



Kiral (Chiral) yapıların temel özellikleri simetrik bir yansıması olmaması, sadece dönme yansımasının bulunmasıdır. Temel olarak, geometrisi değişebilen kaburgalarla bağlanmış bir merkezi düğümden oluşurlar (Liu ve Hu, 2012:1052). Bu yapılar iki boyutlu bir düzlemde temsil edilir ve izotropiktir. Poisson’un oranı -1’e yakındır. Geometrilere nedeniyle chiral yapılar gerilmeye maruz kaldıklarında, belirli bir deformasyon davranışına sahiptirler. Sıkıştırma veya çekme yükü uygulamak, hücrenin her birinde bir burulma etkisi yaratır. Bu şekilde, her bir hücrenin merkezi düğümü döner. Bu rotasyon, hücrelerin tüm yapıda bir büzülme veya genişleme davranışı yaratarak bükülmesini ve açılmasını sağlar. Şekil 7’ de bir kiral yapının görseli sunulmuştur (Carneiro vd., 2013:561; Prall ve Lakes, 1997:305).

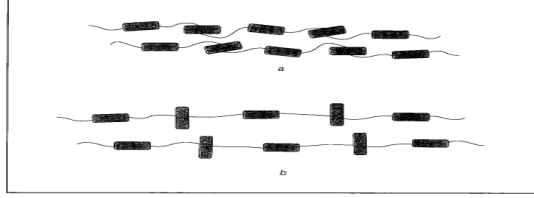
Şekil 7. Chiral yapı (Prall ve Lakes, 1997:305)

Auxetic tekstillerin üretimi için iki yaklaşım vardır. Birincisi, bir auxetic tekstil yapısının üretilmesi için auxetic özellikli liflerin kullanımını içerirken, ikinci yaklaşım ise geleneksel elyaflar ile auxetic özellikler içeren bir tekstil yapısının üretilmesidir (Rant vd., 2013:715; Carneiro vd., 2013:561; Alderson vd., 2002:1322; Simkins vd., 2005:4355).

Auxetic malzemeler genel olarak doğal ve yapay olarak iki sınıfa ayrılır. Doğal auxetic malzemeler; demir sülfür (moleküler seviyede), arsenik ve kadmiyum (moleküler seviyedeki tek kristal yapılı), $YBa_2Cu_3O_7$, zeolit, α -cristobalite silis kristali olup, kubik metallerin % 69 oranında auxetic özelliğe sahip oldukları vurgulanmıştır. Ayrıca, bazı cilt formları kedi derisi, semender derisi, inek memesi cildi ve yük taşıyıcı süngerimsi insan kemiği gibi bazı biyolojik malzemelerde auxetic özellik bulunmuştur (Yao vd., 2011:585; Evans ve Alderson, 2002: 225503). Yapay auxetic malzemeler üzerine yapılan çalışmalarda, eğrilmiş zincir yapıdaki auxetic moleküler ağ α ve β fazlarda karbon nitrat ve kristalin polimerlerdeki asıl zincir likitlerinin auxetic olduğu vurgulanmıştır. İlk hücreli auxetic yapı 2-D silikon kauçuk petek yapılarında tasarlanmıştır (He vd., 1998:3145). Auxetic köpükler adı verilen akıllı polimerik ve metalik köpükler ilk olarak Lakes (Lakes, 1987:1038) tarafından geleneksel poliester düşük yoğunluklu açık hücreli polimerik köpüklerden imal edilmiştir. Bu köpükler, konvansiyonel köpüklerin mikro yapısını değiştirerek elde edilen negatif bir Poisson oranı vermektedir (Bhullar, 2015:205; Friis vd., 1988:4406). Auxetic polimerik malzemeler üzerinde yapılan çalışmalarda, poliüretan köpüklerin sıcaklık ve üç yönlü sıkıştırma işlemi ile auxetic yapıya dönüştüğü vurgulanmıştır (Uzun, 2010:13; Lakes, 1987:1038). Geliştirilen ilk sentetik auxetic mikro gözenekli polimer yaklaşık -12 Poisson oranına sahip genleşmiş politetrafloroetilenin (PTFE) anizotropik bir formudur ve bu Poisson oranının polimerin karmaşık mikro yapısından kaynaklandığı görülmüştür. Bu yapıyı yeniden üretmek ve diğer kimyasallarda auxetic davranışlar elde etmek için farklı girişimler yapılmış olup, termoform işleme yolu ile üretilen ultra yüksek moleküler ağırlıklı bir polietilenin (UHMWPE) mikro gözenekli formunun benzer bir mikro yapısı üretilmiştir (Uzun, 2010:13; Alderson ve Evans,

1992:4435; Alderson vd., 2000:1906; Bhullar, 2015:205; Caddock ve Evans, 1989:1877; Caddock ve Evans, 1989:1883). Benzer bir üç aşamalı termal işleme yolu, fibrillerle birbirine bağlanan nodüllerden oluşan polipropilen (Pickles vd., 1996:636) ve poliamid (Rant vd., 2013:715; Alderson, 1998:1415) malzemeler üzerinde yapılmıştır. Auxetic lifler üzerinde yapılan çalışmalarda, modifiye edilmiş geleneksel eriyik eğirme tekniğine dayanan bir termal işleme tekniği kullanılarak bir çeşit auxetic polipropilen (PP) lif geliştirilmiştir (Alderson vd., 2002:344). Bu teknik ile auxetic polipropilen (PP) elyafların sürekli üretimi mümkün olmuştur. Moleküllerin çekim işleminin bir sonucu olarak hizalanması ve bunun sonucunda liflerin yüksek modül değerlerine sahip olmasına rağmen, auxetic liflerin çekilmesi, auxetic özellik kaybına neden olur (Alderson, 2012:73). Bu nedenle, auxetic liflerin üretimine yönelik ana yaklaşımın, minimum çekme oranının korunması olduğu bildirilmiştir. Bu amaçla, konvansiyonel lif çekim işlemi ile elde edilen nispeten düşük modüllü auxetic liflerin bu olumsuzluğunu gidermek için farklı zamanlarda ve sıcaklıklarda lifleri tavlama yöntemi uygulanmıştır (Simkins vd., 2008:598). Tavlama bu liflerin mekanik özelliklerini arttırmış ve modül değerlerini yükselmiştir, gerilme mukavemeti tavlamanmış liflere kıyasla en az 1.5 kat daha yükselmiştir (Alderson vd., 2002:1322) ve lifler daha homojen bir şekilde auxetic olmuşlardır (Rant vd., 2013:715). Aynı kısmi eritme ekstrüzyon tekniği, polyester ve naylon auxetic lifler üretmek için de kullanılmıştır (Ravirala vd., 2006:540). Auxetic poliester elyaf üretiminde esas üretim parametresinin, auxetic etkinin elde edilmesinde kritik bir rol oynayan ekstrüzyon sıcaklığı olduğu gözlemlenmiştir. Poliester liflerin elastikiyeti, 220° C'de üretilen liflere kıyasla 225° C'lik bir işlem sıcaklığında imal edilen liflerde önemli ölçüde artmıştır. Auxetic etkinin çok dar bir sıcaklık aralığı üzerinde gerçekleştiği bulunmuştur. Bu, polipropilen ve naylon lifler için de geçerlidir. Bu ısıl işlem tekniği, çekim işlemi ile geliştiremeyen mekanik özelliklere sahip düşük modüllü liflerin elde edilebilmesi ile sonuçlanmıştır. Isıl işlem tekstil üretimine imkan verecek yeterli şekilde özellikleri (mukavemet) geliştirirken, toplam etkiyi sınırlamaktadır. Bu tür davranışların nedeni, liflerin mikro yapısından kaynaklanmaktadır (Rant vd., 2013:715; Alderson, 2012:73; Alderson vd., 2007:7991; Alderson ve Alderson, 2005:29). Moleküler seviyede sentetik auxetic polimer üretme çabasının en basit ve umut verici yaklaşımlarından biri olan diğer bir yaklaşım, He ve ark. (Rant vd., 2013:715; He vd., 1998:3145; He vd., 2005:576) tarafından daha kolay tekrarlanabilir bir sisteme sahip sıvı kristalli polimerler (LCP) yapılar olmuştur. Şekil 8' de auxetic yapılı sıvı kristal polimerlerin şematik gösterimi sunulmuştur.

Şekil 8. Auxetic sıvı kristal polimerlerin şematik gösterimi: a) serbest durum b) gerdirilmiş durum (Evans ve Alderson, 2000:148)



Auxetic özellikli formların polimer ve lif olarak üretilebilmesi için yapılan çalışmalar daha çok laboratuvar şartlarında tasarlanmış olup seri üretime geçilememiştir. Bir işlem sonrası farklı bir aşamayı gerektiren veya geleneksel olmayan yöntemlerle işlenen, ek maliyetler yaratan adımları içeren, auxetic malzemelerin polimer ve lif formunda üretilmesinin dezavantajlarının üstesinden gelmek için tamamen farklı bir yöntem olarak, geleneksel ipliklerden elde edilen auxetic tekstil ürünleri üretmek olmuştur. (Rant vd.,2013:715; Caddock ve Evans, 1989:1877; Caddock ve Evans, 1989:1883; Alderson ve Evans, 1992:4435; Pickles vd., 1996:636; Alderson, 1998:1415; Alderson vd., 2002:344; Alderson, 2012:73; Simkins vd., 2008:598; Alderson vd., 2000:1906; Alderson ve Evans, 1995:3319; Grima ve Evans, 200:1531; Grima vd., 2005:2866; Baughman ve Galvao, 1993:735; Alderson, 2007:32).

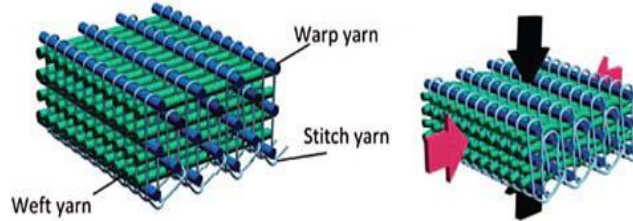
Hook ve Evans (2006) (Ugbolue vd., 2010:660; Hook ve Evans, 2006) tarafından, auxetic tekstil filamanlarının geliştirilmesine alternatif bir yaklaşım önerilmiştir. Yüksek sertlikli bir filamentin daha kalın düşük sertlikli filamentin etrafına sarılı olduğu bir multifilament yapı üretmişlerdir (Rant vd., 2013:715; Alderson ve Alderson, 2005:29, Hook, 2011). Bu iki bileşenlerden hiç biri auxetic davranışta olmak zorunda değildir. Bu yapıyı oluşturan multifilament konstrüksiyonu gerilme sonucunda yüksek sertlikli filaman düzleşmekte ve düşük sertlikteki filamanının etrafına sarmal olarak sarılmasına neden olmaktadır. Bunun gibi çok filamanlı yapılar, auxetic davranış sergilemekte ve mevcut tekstil makinelerinde üretilebilmektedir. Bu amaçla, Helezonik auxetic iplik (HAY) formları üretilmiştir (Şekil 9). Bu teknik, iki veya daha fazla çok filamanlı konstrüksiyonun uygun bir şekilde birleştirilmesi ile auxetic yapıların üretilmesini mümkün kılmaktadır. Helezonik auxetic ipliklerin auxetic etkisi üzerine başlangıç sarım açısının büyüklüğü ve gerilim değer aralığının önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Auxetic performansı etkileyen diğer parametreler, sargı ve öz liflerin çapı ve Poisson oranlarıdır. Aynı zamanda HAY iplikler tekstil örme formlarında da uygulanabilmesine rağmen, dokuma kumaşlara özellikle uygundur. Yapılan çalışmalar, kumaş kalınlığının da auxetic etki üzerinde göz önüne alınması gerektiğini göstermiştir (Rant vd., 2013:715; Sloan vd., 2011:476; Wright vd., 2012:645; Shanan ve Piccirelli, 2008:1059).

Şekil 9. Helisel auxetic iplik (HAY) yapısı (Sloan vd., 2011:476)



Ge ve Hu (Rant vd., 2013:715; Ge ve Hu, 2013:543) tarafından, negatif Poisson'un kompozit takviye oranıyla yenilikçi üç boyutlu dokunmamış kumaş yapısı sunulmuştur (Şekil 10). Poisson oranları, kumaşın kalınlığı yönünde baskı altında deneysel olarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar, 3D kumaşların baskı altında auxetic etki sergilediğini ve yükün daha iyi dayanması için yapının sıkıştırıcı yük yoğunlaşmasına olanak tanıyan benzersiz bir özellik ile sonuçlandığını göstermiştir. Bu özellik, yenilikçi 3D NPR (negative Poisson's ratio) kumaş yapısını, impact koruma direncinin yüksek seviyede istendiği otomobil ve havacılık endüstrisinde ve spor ekipmanları gibi uygulama alanları için önemli hale getirmektedir.

Şekil 10. Üç boyutlu NPR tekstil yapısı (Ge ve Hu, 2013:543)



2. SONUÇLAR

Auxetic malzemelerin sahip olduğu, arttırılmış mekanik özellikler (kopma dayanımı, aşınma dayanımı, girinti direci, kırılma tokluğu, kesme direnci vb.) değişken geçirgenlik özelliği, arttırılmış akustik emilim özelliği, yüksek enerji emme özellikleri, bu yapıları konvansiyonel malzemelere göre üstün kılmaktadır. Auxetic malzemelerin mikro ve makro boyutlarda tasarımı ve üretimi ile elde edilecek ürünlere tek bir adımda birçok fonksiyonel özellik kazandırılması sağlanabilecektir.

3. KAYNAKLAR

- ALDERSON, A. ve EVANS, K. E. "Microstructural Modelling of Auxetic microporous polymers", *J. Mater. Sci.*, 1995 (30): 3319– 3332.
- ALDERSON, A. "A triumph of lateral thought", *Chemistry and Industry*, 1999 (10) :384–91.
- ALDERSON, A., RASBURN, J., EVANS, K. E. VE GRİMA, J. N. "Auxetic polymeric filters display enhanced de-fouling and pressure compensation properties,"*Membrane Technology*, 2001 (137): 6– 8.
- ALDERSON, A. ve ALDERSON, K. "Expanding materials and applications: exploiting auxetic textiles", *Technical textiles international*, 2005 (14): 29–34.
- ALDERSON, A. ve ALDERSON, K. L. "Auxetic materials", *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G., Journal of Aerospace Engineering*, 2007 (221): 565–575.
- ALDERSON, K. L. ve EVANS, K. E. "The fabrication of microporous polyethylene having a negative Poisson's ratio", *Polymer*, 1992 (33): 4435– 4438.
- ALDERSON, K. L., WEBBER, K. S., MOHAMMED, U. F, MURPHY, E., and EVANS, K. E.: 'An experimental study of ultrasonic attenuation in microporous polyethylene', *Appl. Acoust.*, 1997 (50): 23-33.
- ALDERSON, K. L., ALDERSON, A., WEBBER, R. S. ve EVANS, K. E. "Evidence for Uniaxial Drawing in the Fibrillated Microstructure of Auxetic Microporous Polymers", *J. Mater. Sci. Lett.*, 1998 (17): 1415–1419.
- ALDERSON, K. L., WEBBER, R. S. ve EVANS K. E. "Novel Variations in the Microstructure of Auxetic ultra-high Molecular Weight Polyethylene Part-2: Mechanical Properties", *Polymer Engineering and Science*, 2000 (40): 1906–1914.
- ALDERSON, K. L., ALDERSON, A., SMART, G., SIMKINS, V. R. ve DAVIES, P. J. "Auxetic polypropylene fibres:Part 1 - Manufacture and characterisation", *Plast Rubber Compos*, 2002 (31): 344–349.
- ALDERSON, K. "Positive development in negative materials", *Mater. World*, 2007 (15): 32–34.
- ALDERSON, K. L., ALDERSON, A., DAVIES, P. J., SMART, G., RAVIRALA, N. VE SIMKINS, G. "The effect of processing parameters on the mechanical properties of auxetic polymeric fibers", *J Mater Sci.*, 2007 (42): 7991–8000.
- ALDERSON, K. L. "Progress in auxetic fibres and textiles". *Actual Chimique.*, 2012 (360-361): 73–77.

- ALDERSON, K., ALDERSON, A., ANAND, S., SIMKINS, V., NAZARE, S. ve RAVIRALA, N. “Auxetic warp knit textile structures”, *Phys. Stat. Sol.*, 2012(249): 1322–1329.
- ATTARD, D. ve GRIMA, J. N. “Auxetic behaviour from rotating rhombi”, *Phys Status Solidi B-Basic Solid State Phys.* 2008(245):2395–404.
- BAUGHMAN, R. H. ve GALVÃO, D. S. “Crystalline networks with unusual predicted mechanical and thermal properties”, *Nature*, 1993(365): 735–737.
- BHULLAR, S. “Three decades of auxetic polymers: a review”, *e-Polymers* 2015(15): 205–215.
- BRANDEL, B. ve LAKES, R. S. “Negative Poisson's ratio polyethylene foams”, *J. Mater. Sci.*, 2001(36): 5885– 5893.
- CADDOCK B.D. ve EVANS K.E. “Microporous Materials with Negative Poisson's ratio: I. Microstructure and Mechanical Properties”, *Journal of Physics D:Applied Physics.*, 1989(22):1877–1882
- CADDOCK B.D. ve EVANS K.E. “Microporous Materials with Negative Poisson's ratio-2: Mechanism and Interpretation”, *Journal of Physics D:Applied Physics*, 1989(22):1883–1887.
- CARNEIRO, V. H., MEIRELES, J., PUGA, H. “Auxetic Materials – A Review”, *Materials Science*, 2013(31): 561-571.
- CHOI, J. B. ve LAKES, R. S. "Design of a fastener based on negative Poisson's ratio foam", *Cellular Polymers*, 1991(10): 205-212.
- CHOI, J. B. ve LAKES, R. S. “Nonlinear properties of polymer cellular materials with a negative Poisson's ratio”, *Journal of Materials Science* 1992(27): 4678–4684.
- EVANS, K. E., NKANSAH, M. A., HUTCHINSON, I. J. AND ROGERS, S. C. “Molecular network design”, *Nature*, 1991(353): 124-125.
- EVANS, K. E. ve ALDERSON, A. “Auxetic materials: functional materials and structures from lateral thinking!”, *Advanced Materials*, 2000 (12): 617- 628.
- EVANS, K. E. ve ALDERSON, K. L. “Auxetic materials: the positive side of being negative,” *Engineering Science and Education Journal*, 2000 (9): 148–154.
- EVANS, K. E. ve ALDERSON, A. “Molecular origin of auxetic behaviour in tetrahedral framework silicates”, *Phys. Rev. Lett.*, 2002 (89): 225503.
- FRIIS, E. A, LAKES R. S, PARK, J. B. “Negative Poisson's ratio polymeric and metallic materials”, *J Mater Sci.* 1988(23): 4406–4414.

- GASPAR, N., REN, X.J., SMITH, C.W., GRIMA, J.N., EVANS, K.E. “Novel honeycombs with auxetic behaviour”, *Acta Mater.* 2005(53):2439–2445
- GE, Z. VE HU, H. “Innovational three-dimensional fabric structure with negative Poisson’s ratio for composite reinforcement”, *Text. Res. J.*, 2013(83): 543–550.
- GIBSON, L. J., ASHBY, M. F., SCHAJER, G. S. ve ROBERTSON, C. I. “The mechanics of two-dimensional cellular materials”, *Proc. R. Soc. Lond. A*, 1982(382): 25–42.
- GRIMA, J. N. VE EVANS, K. E. “Self expanding molecular networks”, *Chem. Commun.*, 2000(16): 1531–1532.
- GRIMA, J. N. ve EVANS, K. E. “Auxetic behavior from rotating squares”, *Journal of Materials Science Letters*, 2000 (19): 1563–1565.
- GRIMA, J. N., ALDERSON, A., EVANS, K. E. “Negative Poisson’s ratios from rotating rectangles”, *Comp. Meth Sci. Tech.*, 2004 (10): 137.
- GRIMA, J. N., ALDERSON, A., EVANS, K. E. “An Alternative Explanation for the Negative Poisson's Ratios in Auxetic Foams”, *J. Phys. Soc. Jpn.*, 2005 (74) : 1341–1342.
- GRIMA, J. N., ALDERSON, A., EVANS, K. E. “Auxetic behavior from rotating rigid units”, *Phys Stat Sol B*, 2005 (242): 561–75.
- GRIMA, J. N., GATT, R., ALDERSON, A. ve EVANS, K. E. “On the potential of connected stars as auxetic systems”, *Molecular Simulation*, 2005 (31): 925–935.
- GRIMA, J. N., GATT, R., ALDERSON, A. AND EVANS, K. E. “On the Auxetic Properties of `Rotating Rectangles' with Different Connectivity”, *J. Phys. Soc. Jpn.*, 2005 (74):2866–2867.
- GRIMA, J. N., GATT, R., RAVIRALA, N., ALDERSON, A., EVANS, K. E. “Negative Poisson's ratios in cellular foam materials”, *Mater. Sci. Eng., A*, 2006 (423): 214–218.
- GRIMA, J.N. ve EVANS, K. E. “Auxetic behavior from rotating triangles”, *J. Mater. Sci. Lett.*, 2006(41):3193–3196.
- GRIMA, J. N., FARRUGIA, P. S., GATT, R., ATTARD, D. “On the auxetic properties of rotating rhombi and parallelograms: a preliminary investigation”, *Phys. Stat. Sol. (b)*, 2008(245): 521–529.

- GRIMA, J. N., ATTARD, D., GATT, R., CASSAR, R. N. “A Novel Process for the Manufacture of Auxetic Foams and for their Re-Conversion to Conventional Form”, *Adv. Eng. Mater.*, 2009(11): 533–535.
- GRIMA, J. N., MANICARO, E., ATTARD D. “Auxetic behaviour from connected different-sized squares and rectangles”, *R. Soc. A Math Phys Eng Sci.* 2010(467):439–58.
- HE, C. B., LIU, P. W., GRIFFIN, A. C. (1998), “Toward Auxetic Materials Through Molecular Design”, *Macromolecules*, 31:3145–3147.
- HE, C., LIU, P., MCMULLAN, P. J. AND GRIFFIN, A. C. “Toward molecular auxetics: Main chain liquid crystalline polymers consisting of laterally attached para-quaterphenyls”, *Phys. Stat. sol.*, 2005(242): 576–586.
- HOOK, P. VE EVANS, K. (2006). How do auxetic materials work? <http://www.auxetix.com/science.htm>
- HOOK, P. “Uses of auxetic fibres”, US Patent Number 8002879 B2, date of patent Aug 23, 2011.
- LAKES, R. S. “Foam structures with a negative Poisson’s ratio”, *Science* 1987;235(4792):1038–1040.
- LAKES, R. S. “Deformation mechanisms in negative Poisson's ratio materials: structural aspects”, *J. Mater. Sci.*, 1991(26): 2287–2292.
- LAKES, R. S. ve ELMS, K. “Indentability of Conventional and Negative Poisson's Ratio Foams”, *J. Compos. Mater.*, 1993(27): 1193–1202.
- LIU, Y. ve HU, H. “A review on auxetic structures and polymeric materials”, *Sci. Res. Essays*, 2010(5): 1052–1063.
- PICKLES, A. P., ALDERSON, K. L. ve EVANS, K. E. “The effects of powder morphology on the processing of auxetic polypropylene (PP of negative poisson's ratio)”, *Polym. Eng. Sci.*, 1996 (36): 636–642.
- PRALL, D. ve LAKES, R. S. “Properties of a chiral honeycomb with a poisson's ratio of -1”, *Int. J. Mech. Sci.*, 1997(39): 305-314.
- RANT, D., RIJAVEC, T., ve PAVKO-CUDEN, A. “Auxetic Textiles”, *Acta Chim. Slov.*, 2013 (60): 715–723.
- RAVIRALA, N., ALDERSON, K.L., DAVIES, P. J., SIMKINS, V. R. ve ALDERSON, A. “Negative Poisson’s Ratio Polyester Fibers”, *Text. Res. J.*, 2006 (76): 540–546.
- SHANAHAN, M. E. R. ve PICCIRELLI, N., “Elastic behaviour of a stretched woven cloth”, *Composites, Part A*, 2008 (39): 1059–1064.

- SIMKINS, V. R., ALDERSON, A., DAVIES, P. J., ALDERSON, K. L. “Single fibre pullout tests on auxetic polymeric fibres”, *J. Mater. Sci.*, 2005 (40): 4355.
- SIMKINS, V. R., RAVIRALA, N., DAVIES, P. J., ALDERSON, A. ve ALDERSON, K. L. “An experimental study of thermal post-production processing of auxetic polypropylene fibres”, *Phys. Stat. Sol. (b)*, 2008 (245): 598–605.
- SLOAN, M. R.; WRIGHT, J. R. ve EVANS, K. E. “The helical auxetic yarn – A novel structure for composites and textiles; geometry, manufacture and mechanical properties”, *Mech. Mater.*, 2011(43): 476–486.
- UGBOLUE, S.C., KIM, Y.K., WARNER, S.B., FAN, Q., YANG, C., KYZYMCHUK, O., FENG, Y. “The formation and performance of auxetic textiles. Part I: theoretical and technical considerations”, *J. Text. Inst.*, 2010(101): 660–667.
- UZUN, M. “Negative Poisson Ratio (Auxetic) Materials and Their Applications”, *The Journal Of Textiles and Engineers*, 2010 (17), 177: 13-18.
- UZUN M., PATEL I. “Tribological properties of auxetic and conventional polypropylene weft knitted fabrics”, *Arch Mater. Sci. Eng.*, 2010 (44): 120-125.
- UZUN, M. “Mechanical Properties of Auxetic and Conventional Polypropylene Random Short Fibre Reinforced Composites”, *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2012; 20, 5(94): 70-74.
- WEBBER, R. S., ALDERSON, K. L., EVANS, K. E. “Novel variations in the microstructure of the auxetic microporous ultra-high molecular weight polyethylene: Part 1. Processing and microstructure”, *Polym. Eng. Sci.*, 2000 (40): 1894–905.
- WRIGHT, J.L.; BURNS, M.K.; JAMES, E.; SLOAN, M.R.; EVANS, K.E. (2012). “On the design and characterisation of low-stiffness auxetic yarns and fabrics”. *Text. Res. J.*, 2012(82): 645–654.
- YANG, W., LI, Z. M., SHI, W., XIE, B. H. ve YANG, M. B. “Review on auxetic materials”, *J. Mater. Sci.*, 2004(39), 3269–3279.
- YAO, Y. T., UZUN, M. ve PATEL, I. “Workings of auxetic nano-materials”, *Journal of achievements in materials and manufacturing engineering*, 2011(49): 585–593.

ÖZON GAZI İLE RENK SÖKME

PhD İdil YİĞİT

Uludağ University

PhD Assistant of Prof. Semiha EREN

Uludağ University

Prof. Hüseyin Aksel EREN

Uludağ University

Özet: Konvansiyonel yöntemler ile reaktif boyarmaddelerin renk sökme işlemlerinde yüksek miktarda kimyasal madde kullanılması hem maliyet hem de çevresel yük açısından sorunlar oluşturmakta, uygulama sıcaklıklarını yüksek oluşu enerji tüketiminin de fazla olmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple tekstil terbiye işlemlerinde daha ekolojik, etkili ve ekonomik proseslerin geliştirilmesi üzerine ozon ile yenilikçi çalışmalar yapılmaktadır. Ozon (O₃) gazı kuvvetli oksidatif özellik göstererek düşük sıcaklıklarda yardımcı kimyasal madde ilavesi gerektirmeden boyarmaddelerin renk sökmesi için kullanılabilir. Çalışmada; ozon gazının bu özelliğinden yararlanılarak reaktif boyarmaddeler ile boyanmış kumaşların renk sökme işlemleri ilgili literatür bilgisi verilmiş aynı zamanda yapılan çalışmalarda çevresel etkinin azalması, enerji tasarrufu, verimlilik artışı ve maliyetlerde azalma gibi avantajlar sağlandığı belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ozon, reaktif boyama, renk sökme, çevre

Colour Stripping by Utilizing Ozone Gas

Abstract: The high amounts of chemical substances in the colour stripping processes of reactive dyestuffs in conventional methods create problems such as cost and environmental load. Also, another problem is high application temperatures which leads to higher energy consumption. For these reasons, innovative studies are carried out with ozone on the development of more ecological, effective and economic processes in textile finishing processes. Ozone (O₃) gas can be used for colour stripping of dyestuffs without requiring auxiliary chemicals at low temperatures by showing strong oxidative properties. This study involves information about colour stripping processes of fabrics dyed with reactive dyestuffs by using the feature of ozone gas such as reduction of environmental impact, energy saving, increase in efficiency and decrease in costs.

Keywords: Ozone, reactive dyeing, colour stripping, environment

1. INTRODUCTION

Reactive dyestuffs are the most used dyestuff group in both dyeing and printing. They compose strong covalent bonds due to reactive groups in their structures. They are considered to be a class of dyestuffs with high wet fastnesses, wide colour palettes and a wide range of dyeing methods. There are disadvantages besides also lots of advantages such as having 60-80% dyestuff yield and many washing and high wastewater loads (Çoban 1999, Yurdakul and Atav 2006).

Reactive dyestuff dyeing processes are carried out in a short time, but after-treatment washings last longer. These washing processes must be done effectively for wet fastness. Because of one of the negative properties of reactive dyestuffs to reacting with water. The water-reacting dyestuff is bound to the fibres by weak bonds during dyeing. In this case, the wet fastness of dyeing decreases. Therefore, washing at the end of the dyeing process consists of long processes such as cold rinsing, hot rinsing, boiling twice, hot and cold rinses. These processes are very costly, time-consuming and wastewater load increasing operations (Çoban 1999).

Intended the properties for textile products are given by finishing and dyeing processes. This is a very difficult and too complicated step, as a result of the implementation of the process could be applied, the risk of error in the product increases. The most common mistakes in textile are colours unevenness reason from dyeing on the surface of the fabric. This is called a barre effect in textile (Salih 2007, Kut 2013). It is usually noticed in the quality control stage or in the cutting stage of the dyed fabric (Kara 1997). Various procedures can be done to prevent such errors;

- Correction of colour with soda,
- Colour correction of the colour with the new prescription
- Overwrapping the colour and taking into account the risks of cost and damage of the fibres can be done again by colour removal (Kut 2013, Balcı and Oğulata 2005, Gültekin 2001).

2. COLOUR STRIPPING

Colour stripping is defined as removing the dyestuff from the dyed or printed textile materials and removing the colour of the fabric as a result of the process. The purpose of the stripping process aims to break the double bonds in the structure of the product so that the dyestuff on the material is removed and the material is included in the production (Balcı and Oğulata 2006).

2.1. Classical Processes in the Colour Stripping

Dyestuff can be stripped in two ways as reductive and oxidative according to the type of the main chemical used in the stripping process. The mechanism of action of dyestuff colour stripping shows reductive washing agents varies according to the type of raw material and dyestuff applied. Reductive stripping process, reactive dyestuff dyes dyed cellulose fibre conjugate double bonds that make up the colour of the reducing agent and the alkaline environment is broken, the colour part of the dye is a chemical reaction in the form of inactivation (Balçı and Oğulata 2006, Eren et al. 2016).

Colour stripping with reductive chemicals can be affected by many factors such as raw material construction, dyestuff, dyeing method, reductive washing agent and concentration, auxiliary chemicals used and working conditions such as machine and time, temperature and pH (Balçı and Oğulata 2006).

Reductive (reducing) washing agents which have different chemical structures are used in industry. Some of those; Hydrosulfite, Thiourea dioxide (TUDO), Formamidine Sulfinic Acid (FAS), Hydroxyacetone, Glucose derivatives, Sodium borohydride, Sodium bisulfite, Thioglycolic acid, Hydroxymethanesulfinic acid (Balçı and Oğulata 2005, 2006).

Example process conditions are given below for the colour stripping.

- 70-75°C 3% hypochlorite pH > 8,5 (or pH < 5) 30 min.
- Or 4% permanganate with pH3.

The environmental load is an important factor other than the activity of colour stripping. Therefore, both ecological and more economical working methods are needed in colour stripping processes. In this context, ozone use is seen as an alternative with high potential because ozone is a highly successful oxidative agent instead of conventional oxidizing agents for bleaching and instead of hydrosulfite for reductive washing of polyester. It has also been reported in numerous literature that it effectively colourizes dyestuffs (including reactive and disperse dyestuffs) in wastewater treatment.

2.2. Ozone

Ozone is a gas molecule that is self-destructive, corrosive, and non-temperature resistant. Ozone cannot be stored or transferred due to these conditions. It should be produced directly in the environment (Iglesias 2002, Bocci et al. 2009). The main methods recommended for colour stripping are the use of activated carbon, flocculation, chlorination, ozonation, the use of H₂O₂ (hydrogen peroxide), the use of

membranes. Among these, especially ozonation is a promising method and it has been intensified in recent years (Öztürk and Eren 2010).

The main effective factors in colour stripping processes which has done by ozone are: pH, temperature, mechanical mixing, wastewater components and ozone dose (Hsu et al., 2001, Alaton et al., 2002, www.ozoneapplications.com, 2015, Eren and Anış 2006, Arslan and Balcıoğlu 2000, Ciardelli and Ranieri 2001, Wu and Wang 2001, Koch et al., 2002, Sevimli and Sarıkaya 2002, Konsowa 2003, Oğuz et al. 2005, Eren et al., 2007a).

The fact that ozone gas is an oxidative substance and an active oxygen source has been an alternative to hypochlorite, chlorite and hydrogen peroxide in the bleaching processes of cotton fabrics. Ozone does not release waste materials according to other bleaching chemicals, is not harmful to the environment and is effective even at low temperatures. Ozone-assisted washing and bleaching saves energy and water, reduces the use of washing chemicals, minimizes washing cycles and reduces processing times (Eren 2006).

Using ozone in textile finishing;

- Saving energy in some processes because it is active even in cold (room temperature)
- No need for pH adjustment.
- Saving the amount of chemicals by using ozone instead of other classical chemicals,
- It contributes to environmentally friendly production due to its decomposition to oxygen ($3O_2 \rightarrow 2O_3 \rightarrow 3O_2$),

3. CONCLUSION

Eren et al. 2016, ozone gas was used for color stripping from cotton fabrics dyed with reactive dyestuffs. Compared with conventional chemical treatment, ozone treatment has the advantages of energy and time savings (it is performed at room temperature with a 25% shorter treatment time) and an environmental load reduction as high as 94% (the conventional stripping process uses 5 g/l of TUDO and 5 g/l of caustic soda, whereas ozone treatment uses only ozone gas; furthermore, ozone gas has a relatively short half-life and decomposes into oxygen) (Eren et al. 2016)

The colour-stripped samples were dyed black, and the colour differences of these samples were measured to determine the efficiency of treatment and its uniformity. The results indicated uniform colour stripping of samples, with very small colour differences compared with the original black-dyed sample (Eren et al. 2016)

Yiğit et al. 2017, the colour stripping process were carried out from reactive dyed fabrics by using the corrosive effect of ozone gas. The colour stripping values (K / S) were compared with the conventional discharging method and 95% success was achieved. In this study, the decrease in COD values, washing and rubbing fastness of ozonated surfaces increased slightly compared to the conventional method. At the same time, it has been provided to enter the literature as a subject that has never been studied before. Ozone and etching printing processes have been added(Yiğit et al. 2017).

4. REFERANCES

- ALATON, I.A., KORNMÜLLER, A., JEKEL, M.R. (2002). Ozonation of spent reactive dye-baths: effects of HCO₃²⁻/CO₃²⁻ alkalinity, *Journal Of Environmental Engineering*. 128(8): 689-696.
- ARSLAN, I., BALCIÖGLU, A. (2000). Effect of common reactive dye auxiliaries on the ozonation of dyehouse effluents containing vinylsulphone and aminochlorotriazine ring, *Desalination*. 130: 61-71.
- BALCI, O., OĞULATA, T. (2005). Redüktif boyarmadde söküm işleminin kumaş fiziksel performansı üzerine etkisinin belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Gaziantep.
- BALCI, O., OĞULATA, T. (2006). Farklı indirgen (redüktif) yıkama maddeleriyle gerçekleştirilen boyarmadde sökümü işleminin kumaş boyutsal özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 2006(3): 194-199.
- BOCCI, V., BORRELLI, E., TRAVAGLI, V., ZANARDI, I., (2009). The Ozone Paradox: Ozone Is a Strong Oxidant as Well as a Medical Drug, *Medicinal Research Reviews*, 29(4), 646 - 682.
- CIARDELLI, G., RANIERI, N. (2001). The treatment and reuse of wastewater in textile industry by means of ozonation and electroflocculation, *Wat.Res.*, 35(2), 567 – 572.
- ÇOBAN, S. (1999). Genel tekstil terbiyesi ve bitim işlemleri. EÜ, Tekstil ve konfeksiyon araştırma-uygulama merkezi, 1. baskı. İzmir. s: 71 – 75.

- EREN, A. H., ANIŞ, P. (2006). Tekstil boyama atık sularının ozonlama ile renk giderimi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11(1).
- EREN, A. H., ANIŞ, P. (2007). Ozone Application Studies In Textile Finishing, 6th International Conference-TEXSCI, Poster presentation, June 5-7 Liberec, Czech Republic.
- EREN, A. H., ÖZTÜRK, D. (2010). Tekstil terbiyesinde ozon kullanımı. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Bursa.
- EREN, S., GÜMÜS, B., EREN, H. A. (2016). Colour stripping of reactive-dyed cotton by ozone treatment. *Coloration Technology*, 132(6), 466-471.
- GÜLTEKİN, .C. (2001). Tekstil Terbiyesinde Pamuklu Materyalin Boyanmasında Karşılaşılan Hataların Oluş Nedenleri ve Giderilme Yöntemleri, *Electronic Journal of Textiles*, Vol:2, No:1.
- HSU, Y., CHEN, J., YANG, H. (2001). Decolorization of Dyes Using Ozone in a Gas-Induced Reactor. *AIChE Journal*, 47(1), 169 – 176.
- IGLESÍAS, S.C. (2002). Degradation and Biodegradability Enhancement of Nitrobenzene and 2,4-Dichlorophenol by Means of Advanced Oxidation Processes Based on Ozone, PhD Thesis, Universitat de Brcelona, 37 – 48 p.
- KARA, E. (1997). <http://www.erolkara.net/2015/09/eyvah-yine-mi-abras.html> (Erişim tarihi: 26.08.2016)
- KOCH, M., YEDİLER, A., LIENERT, D. (2002). Ozonation of hydrolysed azo reactive yellow 84, *Chemosphere*, 46, 109 – 113.
- KONSOWA, A.H. (2003). Decolorisation of Wastewater containing direct dye by ozonation in a batch bubble column reactor, *Desalination*, 158, 233 – 240.
- KUT, D. (2013). Kimyasal tekstil muayeneleri ders notları. Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa.
- OĞUZ, E., KESKİNLER, B., ÇELİK, Z. (2005). Ozonation of Aqueous bomaplex red Cr-L dye in a semi-batch reactor, *Dyes and Pigments*, 64, 101 – 108.
- SALİH, (2007). Dokuma, mamul ve ham bez kalite kontrol işlemleri. Tekstil yönlendirilmiş çalışması. Pamukkale Üniversitesi, Denizli Meslek Yüksek Okulu, Tekstil Bölümü. Denizli. <http://tekstildevlerim.blogcu.com/kalite-kontrol-proje/2295606>
- SEVİMLİ, M.F., SARIKAYA, H.Z. (2002). Ozone treatment of textile effluents and dyes: effect of applied ozone dose, pH and dye concentration, *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 77: 842 - 850.

- WU, J., WANG, T. (2001). Ozonation of aqueous azo dye in a semi-batch reactor, *Wat. Res.*, 35(4): 1093-1099.
- YİĞİT, I., EREN, S., & EREN, H. A. (2018). Ozone utilisation for discharge printing of reactive dyed cotton. *Coloration Technology*, 134(1), 13-23
- Anonim (2015). Ozonlama işleminde etkili faktörler www.ozoneapplications.com (Erişim tarihi: 25.01.2019)
- YURDAKUL, A., ATAV, R. (2006). Boya-baskı esasları. EÜ, Tekstil ve konfeksiyon araştırma-uygulama merkezi yayını. İzmir. s: 16 - 40.

SOLAR ASSISTED ABSORPTION COOLING SYSTEM THERMOECONOMIC ANALYSIS AND EVALUATION

Merve AKKAYA

Yıldırım Beyazıt University

Ünal ÇAMDALI

Yıldırım Beyazıt University

Summary: The use of solar energy in cooling systems provides to reduce the energy costs and emission of greenhouse gases which are produced by use of fossil fuels. In these reasons, solar assisted absorption systems have become quite attractive in recent years for cooling systems.

Advanced thermoeconomic analysis combines second law of thermodynamics with economic aspects. It causes to us to save energy and evaluates the cost of a system. In this respect, exergetic analysis examines the performance of a system with exergetic efficiency. Also, the cost of the components analysing is important for determining the cost of a system. So, thermoeconomic analysing approach is a good way because it concerns system evaluation by combining economical concerns with thermodynamic analysis.

In this paper, a single effect LiBr/water absorption cooling system is analysed by using exergoeconomic analysis. The detailed thermoeconomic analysis based on second law of thermodynamics is accomplished. Also, thermoeconomic evaluation with exergoeconomic factors are performed by using EES and Matlab.

Key Words: Absorption system, thermoeconomic, solar cooling

1.INTRODUCTION

The characteristic performance of a solar assisted absorption cooling systems have been extensively investigated in terms of both first and second law of thermodynamics. Thermoeconomic analysis with optimization of system is also studied by many researches in recent years.

A solar assisted absorption system uses solar energy to reduce the conventional energy requirements. System uses water as refrigerant and LiBr as absorbent. Superheated steam leaves the generator and then enters to condenser where heat is

transferred to the environment and then it is becoming liquid. The liquid is moved through the expansion valve where the pressure of the liquid is reduced. Then, it enters to the evaporator where the water evaporates by absorbing the heat from the refrigerated space. Then, it enters to absorber where the rich solution is mixed with steam. The weak refrigerant solution is pumped to the generator. Also, heat is transferred to the weak solution from rich solution into heat exchanger. The combination of evaporator, condenser, expansion valve, absorber, and throttling valve is called as evaporator assembly in this study. The general view of solar assisted absorption system is given in Fig1 (Internet, 11.04.2019).

The thermoeconomic analysis has been used analytically, numerically and experimentally. Some of the studies in the literature are given below.

Firstly, an experimental study has been established by Daşkin and Aksoy. This study is about simulation of solar assisted absorption cooling system design for an air conditioning in İnönü University Engineering building. In this study, HAP (Hourly Analysis Program) is used for calculation of cooling capacity of a building. Working liquids are Libr water/The angle of inclination of the collector was found to benefit the maximum amount of sunlight. The solar utilization rates depending on the variable parameters are calculated according to the months in this research (Daşkin, 2014).

Kent and Kaptan studied the solar assisted absorption heating and cooling systems for a hotel in İzmir. The solar energy was used to provide both heating and cooling requirements. Total cost of the system and payback period was calculated in this study (Kent, 2014).

In another study, ice rink cooled by using solar assisted absorption system is analysed. The consumption of the energy for the system was supplied by using solar collectors. The total energy requirement was supplied for working of the system at design temperatures in a steady state. The effects of the design parameters on performance of the system were examined (Kuyumcu, 2015).

Özkan investigated the efficiency of absorption cooling system theoretically and practically in a hotel in İzmir. Heating and cooling were supplied by using absorption heat pumps and chillers. Theoretical and practical examination of COP results were compared (Özkan, 2013).

Rameshkumar investigated the simulation of solar assisted absorption heating and cooling system. The coefficient of performance (COP) at various temperatures was also investigated. It was obtained that since the generator temperature decreases, COP increases. (Rameshkumar, 2015).

Shirazi et al. investigated the multi-objective optimization of solar powered triple-effect LiBr/H₂O absorption system. LiBr/water was used as a working fluid. System was used to supply both cooling and heating requirements in a building. It aimed to reduce the fossil fuel consumption and greenhouse gas emissions in buildings. The multi-objective optimization of the system was performed by using genetic algorithm to minimize total cost(Shirazi, 2016).

Şencan investigated the design and construction of absorption systems. LiBr/water used as a working fluid. Artificial Neural Network (ANN) method was used for determination of thermodynamic properties of the LiBr/water solution. The system parameters effect on the COP was investigated. Also, in order to determine optimal design parameters of absorption system for cooling and heating applications, Genetic Algorithm method (GA) was carried out (Şencan, 2016).

Solum et al. carried out an analysis for a two stage LiBr/water absorption system. The effects of the system parameters on the COP were investigated (Solum, 2011).

Florides et al. performed a study on the simulation of a solar absorption cooling system. TRNSYS simulation program was used in this study. System optimisation was carried out in order to select the most appropriate collector, storage tank, generator and other parts of system (Florides, 2002).

Birinci performed a study on efficiency of the evacuated tube collectors in single effect absorption system. The evacuated tube collector efficiencies were compared with other type collectors. Visual FORTRAN 6 program was used for the simulation. It was found that, maximum efficiency obtained from evacuated – tube collectors while the minimum system efficiency obtained from double – glazed collectors (Birinci, 2005).

Kodal et al. carried out thermoeconomic optimization of the absorption cooling systems and heat pumps. The optimal design parameters were investigated. Economical parameters and the system temperatures on the optimal performances were discussed (Kodal, 2003).

Mashayekh et al. carried out thermoeconomic optimization of the absorption cooling systems. In this study, optimal working conditions were obtained. Effect of thermoeconomic parameters on objective function, COP and refrigeration load were investigated (Mashayekh, 2011).

Misra et al. performed a study on a double effect absorption cooling system. Study aimed the minimizing overall product cost. Simplified cost minimization methodology was applied. Optimum design conditions were obtained by using

sequential optimization method. The results were compared for base and optimum case (Misra, 2005).

Kızılkın et al. performed a study on absorption cooling systems. The optimum heat exchanger areas in the system with corresponding operating temperatures were obtained this study, (Kızılkın, 2007).

Yıldırım et al. carried out thermoeconomic analyse of an absorption system. In this study, it was accomplished by using "Structural Bond Coefficients Method". The optimum heat transfer areas were calculated. Internal irreversibility was reduced. Also, payback period was calculated (Yıldırım, 2013).

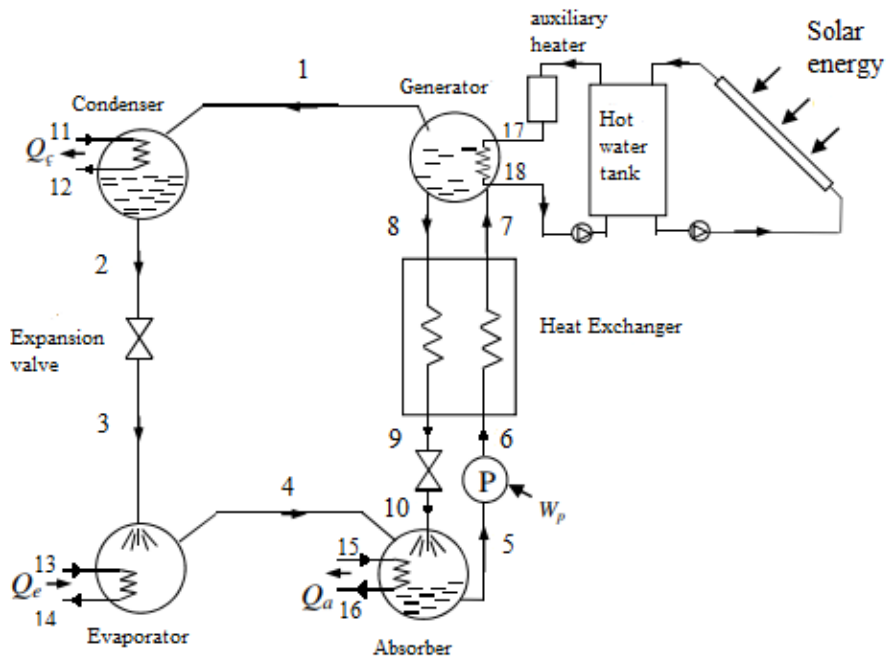


Fig.1. General view of a solar assisted absorption system

1.1 Assumptions

The system assumptions are accepted as given the literature (Misra et al 2003:158).

- 1) The system is working in a steady state.
- 2) The temperatures in generator, condenser, and evaporator are constant.
- 3) System uses water as refrigerant and LiBr as absorbent.

- 4) Lithium bromide solutions in the generator and the absorber are assumed to be in equilibrium at their respective temperatures and pressures.
- 5) Water (refrigerant) at condenser and evaporator exits is in saturated states.
- 6) Rich solution of refrigerant leaving the absorber and the weak solution of refrigerant leaving the generator are assumed saturated.
- 7) Pressure losses in all the heat exchangers and the pipelines are neglected.
- 8) The reference environmental state for the system is water at an environment temperature (T_0) of 25 °C and pressure is 1 atm (101.325 kPa).
- 9) In order to avoid crystallization of the solution, the temperature of the solution entering the throttling valve should be at least 7–8°C above crystallization temperature.
- 10) The system uses steam to drive the generator.

2. EXERGY ANALYSIS

Exergy is shortly defined as available energy to be used. In the absence of nuclear, magnetic, electrical, and surface tension effects, total exergy consists of only physical and chemical exergy. Physical and chemical exergy formulas are given below. (Bejan et al 1996; Misra et al 2003:158).

$$E = E^{\text{Ph}} + E^{\text{Ch}} \quad (1)$$

Where E^{Ph} (kW) is physical exergy and E^{Ch} (kW) is chemical exergy.

The physical exergy of each component is related to the obtainable work in bringing a stream of matter from its initial state to thermal and mechanical equilibrium with the environment. In mathematically, physical exergy formula is given below (Misra et al 2003:158).

$$E^{\text{Ph}} = \dot{m}((h - h_0) - T_0 (s - s_0)) \quad (2)$$

Where \dot{m} (kg/s) is mass flow rate of fluid, h (kJ/kg) and s (kJ/kgK) are enthalpy and entropy values at given points, h_0 and s_0 are entropy values at reference points respectively.

The chemical exergy of each component is related to obtainable work in bringing a stream of matter from thermal and mechanical equilibrium state with the environment to most stable configuration equilibrium with environment state (Misra et al 2003:158).

In LiBr/water aren't any chemical reactions in the system. So, the change of chemical exergy of water should be only considered. The chemical exergy formula is given below (Bejan et al 1996; Misra et al 2003:158).

$$E_{H_2O}^{Ch} = \dot{m} \left(\frac{z H_{2O}}{M_{H_2O}} \right) e_{Ch, H_2O}^0 \quad (3)$$

Where z is water concentration, M is molecular weight, e_{Ch, H_2O}^0 is water chemical exergy.

2.1 Definition of fuel, product and loss exergy

Thermal systems consist of fuel exergy (E_F), product exergy (E_P), exergy destruction (E_D) and loss of exergy (E_L). Fuel exergy is supplied from energy source. Exergy input transforms to some exergy output called as product exergy. Also, exergy destruction is defined as an amount of loss exergy to environment. It cannot be used again. Exergy loss is defined as amount of exergy transferred in system to some other systems. (Misra et al 2003:158; Bejan et al 1996).

The exergy balance formula is given below (Misra et al 2003:158).

$$\sum E_{in} - \sum E_{out} - Q \left(1 - \frac{T_0}{T} \right) - W - E_D = 0 \quad (4)$$

Exergy destruction can be calculated from below formula (Misra et al 2003:158).

$$E_{D,k} = E_{F,k} - E_{P,k} - E_{L,k} \quad (5)$$

The exergetic efficiency is a parameter for evaluating thermodynamic performance. In order to define the exergetic efficiency, both product and fuel exergy should be determined. The exergetic efficiency formula is given below (Misra et al 2003:158).

$$\eta = \frac{E_{P,k}}{E_{F,k}} = 1 - \left(\frac{E_{D,k} + E_{L,k}}{E_{F,k}} \right) \quad (6)$$

The ratio of exergy destruction to the exergy of the fuel in system components is called as exergy destruction ratio. It can be calculated a formula given below.

$$Y_{D,k} = \frac{E_{D,k}}{E_{F, total}} \quad (7)$$

The ratio of exergy loss to the exergy of the fuel in system components is called as exergy loss ratio. It can be calculated a formula given below.

$$Y_{L,k} = \frac{E_{L,k}}{E_{F, total}} \quad (8)$$

Coefficient of performance (COP) can be calculated as given below (Bejan et al.1996).

$$COP = \frac{Q_e}{Q_g + W_E} \quad (9)$$

The formulas of fuels, products and exergy loss for the absorption cooling system are given in Table 1.

Table1. Fuel, product, loss of exergy formula of the absorption cooling system

Subsystems	Fuels (kW)	Products (kW)	Losses (kW)
Generator	$E_{17}- E_{18}$	$E_{1}+E_{8}- E_{7}$	-
Evaporator Assembly	$E_{1}+E_{9}- E_{5}$	$E_{14}- E_{13}$	$(E_{12}- E_{11})+(E_{16}- E_{15})$
Sol. Pump	W_E	$E_{6}- E_{5}$	-
Sol. Heat Exchanger	$E_{8}- E_{9}$	$E_{7}- E_{6}$	-
Overall System	$E_{17}- E_{18}$	$E_{14}- E_{13}$	$(E_{12}- E_{11})+(E_{16}- E_{15})$

3. THERMOECONOMIC ANALYSIS OF ABSORPTION SYSTEM

Thermoeconomics is a branch of engineering that combines exergy analysis and economic principles in order to design and operation of the system cost effective (Bejan et al 1996). The product cost is given below equation.

$$C_{P,Tot} = C_{F,Tot} + Z_{Tot}^{CI} + Z_{Tot}^{OM} \tag{10}$$

Where $C_{P,Tot}$ is total product cost, $C_{F,Tot}$ is total fuel cost, Z_{Tot}^{CI} and Z_{Tot}^{OM} is capital investment and operation and maintenance costs. Z_{Tot}^{CI} and Z_{Tot}^{OM} can be calculated by dividing the annual capital investment and operating and maintenance (O&M) costs to working time of system operation per year (usually hours or seconds) (Bejan et al 1996).

Total capital cost is denoted as Z also the formula is given below.

$$Z = Z_{Tot}^{CI} + Z_{Tot}^{OM} \tag{11}$$

$$Z_{Tot}^{CI} = \xi Z_k + \bar{U}Z_k \tag{12}$$

Where ξ is capital recovery factor, \bar{U} is indirect capital investment costs. $\bar{U}=1\%$ of total investment cost of each component.

$$Z_{Tot}^{OM} = \beta Z_k + w E_p + R \tag{13}$$

Where β and w is fixed and variable O&M costs respectively. R is all other O&M costs. $\beta=1.25\%$ and $w= 1\%$ of total investment cost of each component

Z_k can be calculated based on heat transfer area. Cost of components can be calculated from below equations.

$$Z_k = Z_{R,k} \left(\frac{A_k}{A_r} \right)^{0.6} \quad (14)$$

$$Z_p = Z_{R,p} \left(\frac{W_p}{W_{r,p}} \right)^{0.26} \left(\frac{1-\eta}{\eta} \right)^{0.5} \quad (15)$$

$$Z_m = Z_{R,m} \left(\frac{W_m}{W_{r,m}} \right)^{0.87} \left(\frac{1-\eta}{\eta} \right) \quad (16)$$

Where $Z_{R,gen}=18700$ \$, $Z_{R,h.exc}=18700$ \$, $Z_{R,abs}=26000$ \$, $Z_{R,evap}=25500$ \$, $Z_{R,cond}=18700$ \$

Where $Z_{R,p}=2200$ \$, $W_{R,p}=10$ kW, $Z_{Rm}=300$ \$, $W_{Rm}=10$ kW.

Capital recovery factor (ξ) can be calculated from below formula (Misra et al 2003:158).

$$\xi = \left(\frac{i(1+i)^N}{i(1+i)^N - 1} \right) \frac{1}{3600 \tau} \quad (\text{hour}) \quad (17)$$

Where i is interest rate (%), N is years of life span and τ is hours of operation per year.

3.1 Exergy costing

In an operating steady state system, there may be more than one entering and exiting streams with both heat and work interactions. In order to calculate cost of the system, exergy based analysis can be used which is called as exergy costing. The main formula is given below equation (Bejan et al 1996).

$$\sum_{out} C_{out,k} + C_{w,k} = \sum_{in} C_{in,k} + C_{Q,k} + Z_k \quad (18)$$

In exergy costing is associated with each exergy stream is given below formula.

$$C_i = c_i E_i = c_i (m_i e_i) \quad (19)$$

$$C_e = E_e = c_e (m_e e_e) \quad (20)$$

Where C_i and C_e are inlet and exit cost flow rates (\$/h), c_i and c_e are cost per exergy units (\$/GJ), E_i and E_e are exergy flow rates (kW) and e_i and e_e are specific exergy values (kJ/kg).

The cost rate analysis of each stream in system is given below Table 2.

Table 2 Cost rate equations of components (Misra et al 2003:158)

Components	Cost Rate Equations
Generator	$C_h + C_7 + Z_g = C_8 + C_1$ $C_1 + Z_c = C_2 + \Delta C_c$ $C_h + C_e = \Delta C_c + \Delta C_a + C_{p, tot} + \dot{Z}_k$ $\frac{m_1(c_1 e_1 - c_7 e_7)}{m_1(e_1 - e_7)} - \frac{m_8(c_8 e_8 - c_7 e_7)}{m_8(e_8 - e_7)} - \frac{C_1}{m_1(e_1 - e_7)} - \frac{C_7(e_8 - e_1)}{m_7(e_1 - e_7)(e_8 - e_7)} - \frac{C_8}{m_8(e_8 - e_7)} = 0$
Condenser	$C_1 + Z_c = C_2 + \Delta C_c$ $\frac{c_2 - c_3}{E_2 - E_3}$
Evaporator	$\frac{c_3 - c_4}{E_3 - E_4}$
Absorber	$\frac{c_4 + c_{10}}{E_4 + E_{10}} - \frac{c_5}{E_5} = 0$ $C_4 + C_{10} + Z_a = C_5 + \Delta C_a$
Pump	$C_E + C_5 + Z_p + Z_m = C_6$
Heat Exchanger	$C_6 + C_8 + Z_{he} = C_7 + C_9$ $\frac{c_8 - c_9}{E_8 - E_9}$
Expansion valve	$\frac{c_9 - c_{10}}{E_9 - E_{10}}$
Cp estimated value (\$/h)	$C_{p, tot} = \frac{C_{p, tot}}{E_{p, tot}} = \frac{c_{14} - c_{13}}{E_{14} - E_{13}}$

3.2 Thermo-economic evaluation

There are some crucial cost rates in thermal systems. These are: the average unit cost of fuel ($C_{F,k}$), average unit cost of product ($C_{P,k}$), the cost rate of exergy destruction ($C_{D,k}$), the cost rate of exergy loss ($C_{L,k}$), and exergoeconomic factor (f_k). The cost rate formula of exergy destruction and exergy loss are given below (Misra et al 2003:158).

$$C_{D,k} = C_{F,k} E_{D,k} \quad (E_{P,k} \text{ is fixed considered}) \quad (21)$$

$$C_{L,k} = C_{F,k} E_{L,k} \quad (E_{P,k} \text{ is fixed considered}) \quad (22)$$

$$f_k = \frac{\dot{Z}_k}{\dot{Z}_k + (C_{D,k} + C_{L,k})} \quad (23)$$

5. EXERGY AND COST RESULTS OF SYSTEM

Table 3 shows thermodynamic properties, exergy and cost results of all system components. The temperature, pressure and mass flow rate of the fluids are taken from literature and Yılmazoğlu (Yılmazoğlu 2010: 397-404). The exergy values are calculated according to 2nd eq. by using EES program. The 15 variables of system are $[X] = \{C_1, C_2, C_3 \dots C_{10}, \Delta C_c, \Delta C_a, C_{p,tot}, \Delta C_c, C_H \text{ and } C_E\}$. C_H and C_E are the cost of steam which is used to energize the generator and electrical energy input the motor through pump. ΔC_c and ΔC_a are condenser and absorber cooling water costs respectively. C_H is cost of steam, C_E is electrical energy required to motor. C_H is assumed 1.2 \$/h while C_E is taken 10 \$/GJ. So, 13 unknowns are found from linear system ($[A] [X] = [Y]$) by using Matlab.

Table 3 System main design parameters, exergy and cost results

Exergoeconomic results										
Streams	Temperature (°C)	Pressure (kPa)	Mass flow rate (kg/s)	Chemical Comp.	LiBr Concent. (%)	Physical Exergy (kW)	Chemical Exergy (kW)	Total Exergy (kW)	Cost Rates C(\$/h)	Cost per exergy unit c (\$/GJ)
1	100	10	0.08	Superheated Steam	-	13.85	0.20	14.05	0.512	10.123
2	45.8	10	0.08	Water	-	0.23	0.20	0.43	0.016	10.336
3	5	0.872	0.08	Water	-	-0.75	0.20	-0.55	-0.019	9.596
4	5	0.872	0.08	Water Vapour	-	-14.08	0.20	-13.88	-0.505	10.106
5	42	0.800	0.81	Water/LiBr	58.00	35.10	0.85	35.95	1.506	11.637
6	42.003	10	0.81	Water/LiBr	58.00	35.10	0.85	35.95	1.518	11.729
7	85	10	0.81	Water/LiBr	58.00	38.66	0.85	39.51	1.504	10.574
8	100	10	0.73	Water/LiBr	64.00	72.97	0.66	73.63	2.039	7.692
9	51	10	0.73	Water/LiBr	64.00	63.77	0.66	64.42	3.000	12.936
10	49	0.800	0.73	Water/LiBr	64.00	63.58	0.66	64.23	2.617	11.319
12-11	35/37.5	101.325	19.35	Water	-	7.37	0.00	7.37	0.634	23.896
14-13	12/7	101.325	8.33	Water	-	9.57	0.00	9.57	2.419	70.214
16-15	32/35	101.325	19.35	Water	-	6.75	0.00	6.75	1.133	46.626
17-18	111.37	149	0.11	Steam	-	59.79	0.00	59.79	1.2	5.575

Table 4 shows result of exergetic analysis for the system. The maximum exergy destruction occurs in evaporator assembly (18.84 kW and $Y_D = 44.30\%$). Also, exergy losses are considered only for evaporator assembly. So, exergetic efficiency is found too low. Second largest exergy destruction occurs in generator (15.88 kW with $Y_D = 26.55\%$). The minimum and maximum exergetic efficiency occurs in pump and generator. The overall exergetic efficiency is found 16.00%.

Table 4 Exergetic analysis results

Components	Fuel ex. E_F (kW)	Prod. ex. E_P (kW)	Ex. Dest. E_D (kW)	Ex. Loss E_L (kW)	Ex.D. Ratio Y_D (%)	Ex. L. Ra- tio Y_L (%)	Ex. eff. ξ (%)
Generator	59.79	43.91	15.88	0.00	26.55	0.00	73.45
Evaporator Assembly	42.53	9.57	18.84	14.12	44.30	33.20	22.50
Pump	0.006	0.0002	0.0058	0.000	96.67	0.000	0.033
Heat Exchanger	9.21	3.57	5.64	0.000	61.24	0.000	38.76
Overall	59.79	9.57	40.37	14.12	67.52	23.61	16.00

Table 5 shows exergoeconomic results of system. Heat exchanger and generator has low exergoeconomic factor. The evaporator assembly has also low exergoeconomic factor and it has high exergy destruction. So, the evaporator assembly component design should be considered and improved. The exergoeconomic factor can be improved with optimizing capital cost of evaporator assembly. The solution pump has so high exergoeconomic factor. Also, it can be improved with decreasing capital cost of pump.

Table 5 Exergoeconomic analyzing results

Components	Cost per exergy unit		Cost rate		Capital Cost Z (\$/h)	Ex. Dest+ Cap Cost, C_p+C_L+Z (\$/h)	Exergoeconomic Factor, f (%)
	Fuel c_f (\$/GJ)	Product c_p (\$/GJ)	Ex. Dest. C_b (\$/h)	Ex. Loss C_L (\$/h)			
Generator	5.575	8.494	0.319	0	0.311	0.63	49.37
Evaporator Assembly	10.63	70.21	0.721	0.541	1.537	2.800	54.89
Solution Pump	10	11374	0.0002	0	0.023	0.0232	99.14
Solution Heat Exc.	11.34	40.6	0.2304	0	0.175	0.405	43.21
Overall System	5.575	70.21	0.810	0.283	2.046	3.139	65.18

CONCLUSION

Absorption system has potential to reduce electricity by using solar, geothermal or waste heat source. So, they become popular nowadays. A single effect LiBr/water absorption system thermoeconomic analysis and evaluation is carried out in this study. The analysis contains of detailed exergy and thermoeconomic analysis. The results show that maximum exergy destruction and exergy loss occurs in evaporator assembly. Also, it has low exergoeconomic factor. It shows that evaporator assembly should be designed carefully.

The overall system exergetic efficiency and exergoeconomic factor is found 16.00% and 65.18% respectively.

REFERENCES

- Bejan, A, and Tsatsaronis, G and Moran, M. (1996). *Thermal design and optimization*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Birinci, K.(2005). Yeni Tip Güneş Kolektörlerinin Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması, M.Sc. Thesis, Uludağ University, Physical Science Enstitue

- Daşkın, M. and Aksoy, İ. (2014). İklimlendirme Amaçlı Güneş Enerjisi Destekli bir Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Simülasyonu, M.Sc. Thesis, Batman University, Journal of Life Sciences; Volume 4, Number 1.
- Florides, G.A. and Kalogirou, S.A. and Tassou, S.A. and Wrobel L.C. (2002). "Modelling and Simulation of an Absorption Solar Cooling System for Cyprus", Solar Energy Vol. 72, No. 1, pp. 43–51.
- Kent E.F. and Kaptan İ.N.(2014). İzmir İlindeki Elli Yataklı Bir Otel İçin Güneş Enerjisi Destekli Isıtma ve Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Teorik İncelenmesi, 9. International Plant Engineering Congress.
- Kızılkcan, Ö. and Şencan, A. and Kologirou, S.(2007) " Thermoeconomic Optimization of a LiBr Absorption Refrigeration System", Chemical Engineering and Processing Journal, 46, 1376-1384.
- Kodal, A. and Şahin, B. and Ekmekçi, İ. and Yılmaz, T. (2003). "Thermoeconomic Optimization For Irreversible Absorption Refrigerators and Heat Pumps", Energy Conversion and Management, Volume 44, pp 109-123.
- Kuyumcu, M.E. and Şahin, H.E. (2015). Yumrutaş R., "Güneş Enerji Destekli Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi ile Buz Pistinin Soğutulmasının Teorik İncelenmesi", TTMD Journal.
- Mashayekh, H. and Salehi, G.R. and Taghdiri, E. and Hamed, M.H.(2011). Thermoeconomic Optimization of Absorption Chiller Cycle, World Renewable Energy Congress, 8-13 May 2011, Linköping, Sweden, 1497-1504.
- Misra, R.D. and Sahoo, P.K., and Gupta, A.(2003). "Thermoeconomic Optimization of a Single- Effect Water/ LiBr Vapour Absorption Refrigeration System" International Journal of Refrigeration, 26, 158-169.
- Misra, R.D. and Sahoo, P.K., Gupta, A.(2005) "Thermoeconomic Evaluation and Optimization of a Double- Effect H₂O/ LiBr Vapour Absorption Refrigeration System" International Journal of Refrigeration, 28, 331-343.
- Özkan, G.(2013). Absorpsiyonlu Soğutma Sistemleri Uygulamalarının Enerji Verimliliği Açısından Değerlendirilmesi: Örnek Bir Uygulama, M.Sc. Thesis, Ege University, Physical Science Enstitue.
- Rameshkumar, R. (2015). "Study on the Optimization of solar assisted vapour absorption refrigeration system", International Journal of Scientific and Engineering Research, Vol2 Issue 7/102.
- Şencan, A. (2004). Atık Isı ile Çalışan Absorbsiyonlu Sistemlerin Modellemesi, Ekserji Analizi ve Optimizasyonu, PhD. Thesis, Süleyman Demirel University, Physical Science Enstitue.

- Shirazi, A. and Taylor, R.A. and White, S.D. and Morrison, G.L. (2016). "Multi-Objective Optimization of a Solar-Powered Triple-Effect Absorption Chiller for Air-Conditioning Applications", World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Energy and Power Engineering Vol:10, No:10.
- Solum, C. and Koç, İ. and Altuntaş Y.(2011). "Çift Wtkili Libr-H₂o Akışkanlı Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminde Termodinamiksel Büyüklüklerin Sistem Performansına Etkileri, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi", Vol:5, No: 1 (19-26)
- Yıldırım, E. and Yeşilata, B.(2013) "Düşük Sıcaklıkta Isı Kaynağı Kullanan Bir Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin Thermoekonomic Optimizasyonu, Isı Bilimi Ve Tekniği Dergisi, 33-2, 111-117.
- Yılmazoğlu M.Z.(2010) "Tek Etkili Bir Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin Termodinamik Analizi" Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, Vol 25, No 2, 397-404, 2010
- Internet, <https://www.brighthubengineering.com/hvac/66301-water-lithium-bromide-vapor-absorption-refrigeration-system/>, 11.04.2019.

INVESTIGATION OF THE DESIGN PARAMETERS OF AUXETIC YARNS USED IN THE PRODUCTION OF AUXETIC WOVEN FABRICS

Doç.Dr. Mine AKGUN

Uludağ Üniversitesi

Harun SERİNÇAY

Uludağ Üniversitesi

Selin KESKİN

Uludağ Üniversitesi

Abstract: By developing the basic performance characteristics of conventional woven structures, it has become a necessity to design and produce industrial high-performance multifunctional woven fabric structures. Composite structures are generally used in areas requiring high performance in technical textiles. Composite textile production methods require many different equipment, long production times, high cost and high quality workforce. By designing the weaving construction with an auxetic (with a negative Poisson's ratio) properties, it is possible to provide many functional features to the woven fabric structure in a single process. In this study, the design and auxetic performances of auxetic yarn components to be used for the production of woven fabric structures with auxetic properties in industrial weaving machines are evaluated. Auxetic performances of helically folded and braid yarns designed and manufactured in different structural forms have been evaluated for use in weaving of auxetic woven fabric structures. In this way, it will be ensured that a fabric structure will be used to give an auxetic feature in macro dimension without changing the microstructure of the material.

Micro-structured auxetic polymer materials are foam-like, spongy materials and they could not be effectively produced in fiber form in the textile industry and produced in the textile industry at desired strength levels such as weaving and knitting. For these reasons, it was considered that with the production of Auxetic woven fabric structure, it could make more efficient with low cost and low chemical consumption and it would be a valuable option for many industrial and technical applications. In addition, these systems are systems with potential for automation.

Keywords: Auxetic Structure, Auxetic Yarn, Weaving

Auxetic Özellikli Dokuma Kumaş Üretiminde Kullanılacak Auxetic İpliklerin Tasarım Parametreleri Üzerine Bir Araştırma

Özet: Konvansiyonel dokuma yapılarının temel performans özelliklerinin geliştirilerek yüksek performanslı, çok fonksiyonlu dokuma kumaş yapılarının tasarlanması ve endüstriyel olarak üretiminin sağlanması bir gereklilik haline gelmiştir. Teknik tekstillerde yüksek performans gerektiren alanlarda genellikle kompozit yapı malzemeler kullanılmaktadır. Kompozit tekstil üretim yöntemleri birçok farklı donanım gerektiren, uzun üretim süreleri, yüksek maliyet ve kaliteli iş gücüne ihtiyaç duymaktadırlar. Dokuma konstrüksiyonunun auxetic (negatif Poisson oranına sahip) özellikte tasarlanması ile dokuma kumaş yapısına birçok fonksiyonel özelliğin tek bir adımda kazandırılması sağlanabilecektir. Bu çalışmada auxetic özelliğe sahip dokuma kumaş yapılarının endüstriyel olarak dokuma makinalarında üretiminin yapılabilmesi için kullanılacak auxetic iplik bileşenlerinin tasarımı ve auxetic performansları değerlendirilmiştir. Auxetic dokuma kumaş yapılarının dokunmasında kullanılmak üzere, farklı yapısal formlarda tasarlanmış ve üretimi gerçekleştirilmiş helisel katlı ve braid yapı ipliklerin auxetic performansları değerlendirilmiştir. Bu şekilde dokunacak bir kumaş yapısı ile malzemenin mikro yapısını değiştirmeksizin makro boyutta bir auxetic özellik kazandırılması sağlanacaktır.

Mikro-yapılı auexetic polimer malzemelerin köpük formunda, süngerimsi yapıda malzemeler olmaları ve bu polimerin lif formunda çekilip tekstil endüstrisinde dokuma ve örme gibi işlemlerde istenilen mukavemet seviyelerinde üretilmemesi ve daha çok laboratuvar ortamı şartlarında üretilebilir olmaları vb. sebeplerden dolayı, auxetic özellikli doku oluşturma yöntemi düşük maliyet ve düşük kimyasal sarfiyatı ile daha verimli bir şekilde yapabileceği ve bu yönleriyle endüstriyel ve teknik birçok uygulama için çok değerli bir seçenek oluşturacağı öngörülmektedir. Ayrıca bu sistemler otomasyona uygun potansiyeli olan sistemlerdir.

Anahtar Kelimeler: Auxetic Yapı, Auxetic İplik, Dokuma

1. INTRODUCTION

It has become a necessity to design high performance, multifunctional woven fabric structures and to provide production under industrial conditions by developing the basic performance characteristics obtained from conventional woven structures. Composite textile structures are generally used in areas requiring high performance in technical textiles. Composite textile production methods are required many different equipment, long production times, high cost and high quality workforce. Apart from the fact that multifunctional textile structures are obtained by forming a

composite structure with different components, the woven fabric structure is designed with an auxetic feature and it gives many functional features to the woven fabric structure in one step.

The Poisson's Ratio (PR) is defined as the negative rate of the axial strain to the extensional strain. Deformation under stress loading is one of the principles that can be used to determine the physical performance behavior of fabrics. Studies on the PR of various types of conventional fabrics (Shahabi vd., 2013:63; Sun vd., 2005:505) have shown positive PR values due to the fact that the conventional fabrics are laterally contracted under stress. Woven fabric structures are the textile surfaces formed by the intersection of warp and weft yarns perpendicular to each other. In a woven fabric, both warp and weft yarns are crimped due to the displacement of the yarns. When the fabric is stretched in one direction, due to the tensioning of the yarn in the loading direction, the yarn crimps are reduced until they reach zero. Axially stretch yarns cause the yarns perpendicular to the loading direction to be more crimped. As a result, the fabric contracts in the lateral direction and a positive PR is obtained (Shahabi vd., 2014:1211; Ng ve Hu, 2018:1).

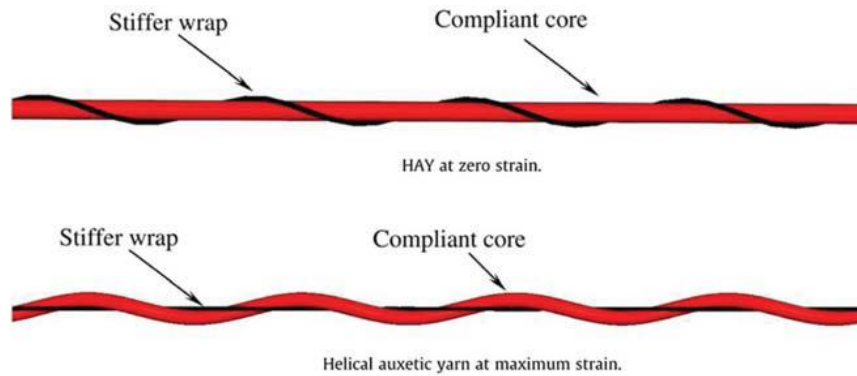
Materials with a negative Poisson's ratio are called auxetic materials. Auxetic materials show a feature unlike the materials with positive Poisson's ratio, they expand laterally when stretched longitudinally and contract laterally when compressed. Materials with a negative Poisson's ratio have significant advantages compared to materials with a positive Poisson's ratio. These advantages are due to increased surface area, extra friction resistance, breaking strength, improved acoustic behavior, superior energy absorption (thermal impact resistance, ultrasonic and sonic strength), wet efficiency, adhesion resistance, enhanced shear stiffness (Uzun, 2010:13).

In general, there are two approaches to producing auxetic fabrics. The first approach is to use conventional fibers and yarns to create a Negative Poisson's Ratio (NPR) effect through knitting or weaving in a special geometric configuration. With this approach, various weft knitting and warp knitting auxetic fabrics were produced (Liu vd., 2010:856; Hu vd., 2011:1493; Ugbolu vd.,2010:660; Ugbolu vd., 2011:424). However, their applications were limited to three-dimensional structure. The second approach is to use auxetic fibers and yarns to support auxetic textiles directly, so that the NPR effect can be created using simple weaving or knitting structures. Several auxetic woven fabrics have been developed using yarns with DHY (Double Helical Yarn) to create an NPR effect (Wright vd., 2012:645; Vysanskav ve Vintrova, 2013:416). Hook (2003) proposed a DHY in the form of a HAY (Helical Auxetic Yarns). This structure comprises two conventional filaments in which a high-stiffness filament is helically wrapped around a thicker, low-stiffness filament.

When the DHY is stretched longitudinally, the two filaments gradually change their positions and cause a clear increase in the effective diameter of the yarn (Ng ve Hu, 2018:1). The structure of helical auxetic yarn is presented in Figure 1 (Sloan vd., 2011:476).

The starting wrap angle of the helical auxetic yarn has the greatest effect on auxetic behavior as regards both the magnitude and the strain range (Sloan vd., 2011:476). Other parameters affecting auxetic performance are the diameter of the wrap and core fibers and the fibers' inherent Poisson's ratio (Wright vd., 2012:645). Due to the auxetic effect of the HAY form, these yarns and fabrics are particularly suitable for bandages, compression stockings and dynamic stiffness support clothing and health services. Although HAY yarns can also be applied in textile knitting forms, they are particularly suitable for woven fabrics. Studies have shown that the thickness of the fabric should also be considered in the auxetic effect of fabric (Shanahan ve Piccirelli, 2008:1059; Darja vd., 2013:715).

Figure 1. Structure of Helical Auxetic Yarn (Sloan vd., 2011:476)



To date, the production of auxetic woven fabrics is almost entirely restricted by the use of DHY. Ge et al. (2016) developed another type of HAY with a specific 4-ply yarn structure. This HAY yarn structure consists of four filaments. In this structure, two soft yarns with a relatively large diameter are arranged in the center position, while two stiff yarns are spiraling around them to form a 4-ply helical yarn structure. When the 4-ply auxetic yarn is stretched longitudinally, the stiff yarns tend to migrate to the center and push the soft yarns outward. As a result, the expansion of the auxetic yarn occurs laterally (Ge vd., 2016:578).

Ng and Hu (2018) investigated on the auxetic performance of fabrics woven with 4-ply and 6-ply auxetic yarns. In this study, it has been shown that the auxetic property of the fabric can be affected by the auxetic effect of the yarns forming the fabric but can also be affected by the fabric construction. The alternative arrangement of S- and Z-twisted auxetic yarns in a woven fabric can generate higher NPR and percent open area to the fabric. It has been found that the woven structure has a significant effect on the NPR behavior of the woven fabric, and the more yarn intersections help to prevent the auxetic plied yarns from embedding to each other. Stiff yarns with a high tensile modulus in a plied auxetic yarn structure created a higher NPR effect in the fabric. It has been observed that the weft cover factor plays an important role in determining the open pore properties of auxetic woven fabrics (Ng ve Hu, 2018:1).

It will be possible to produce auxetic woven fabric structures with the auxetic yarns obtained by the properly comprises of two or more multi-filament yarn constructions. In this study, yarn structure with helical plied and braid yarn, with different structural properties, has been produced and auxetic properties have been examined in order to obtain the yarn structures with auxetic properties.

2. MATERIAL AND METHOD

High Tenacity (HT) (stiff) and conventional textured polyester (soft) yarns are used together as component yarns in order to produce auxetic yarns. The properties of component polyester yarns are presented in Table 1.

Table 1. Properties of component yarns used in experimental study

Yarn No	Yarn Properties	Yarn Count (denier/filament)	Breaking Strength of Yarn (N/denier)	Breaking Elonga- tion of Yarn (%)
Y1	HT Polyester	85 / 36	0.070	13.60
Y2	Tekstured Polyester	300 / 72	0.043	30.51
Y3	Tekstured Polyester	162 / 72	0.043	23.91

Y1 and Y2 component yarns were used in helical yarn formation by twisting them in 8-ply in different variations. Yarns are twisted at 70 turns/m in the AGTEKS

spinning machine and each yarn is fed under the same strain. Y3 component yarn was used in braid yarn formation with the number of 12 braiding-yarn bundles (12-ply). The properties of the produced helical and braid yarns are given in Table 2.

The strength tests of the yarns were made in Shimadzu AG-X plus strength device according to ASTM D2256 standard. Tests were carried out at a jaw speed of 300 mm / min at a distance of 250 mm between the jaws. Breaking strength and elongation values of the component yarns and the produced yarns (helical-1, helical-2 and braid) are presented in Table 1 and 2, respectively.

Table 2. Properties of helical and braid yarns

Yarn Code	Yarn Properties (ply number x component yarn count)	Yarn Count (Denier)		Breaking Strength of Yarn (N/denier)	Breaking Elongation of Yarn (%)
		Calculated	Measured		
Helical-1	8x300 denier	2400	2667.3	0.037	34.21
Helical-2	4x300 denier + 4x85 denier	1540	1721.6	0.037	19.39
Braid	12x162 denier	1944	2023	0.040	32.99

3. RESULTS AND DISCUSSION

For the purpose of examining the availability of an auxetic effect of helical yarn structure and braid yarn structure, which are folded in different variations from different yarn components, the yarn groups studied were subjected to stretching under a certain static loading. The tensile load value (Newton) was chosen to be half the breaking load of each yarn. Yarns were extended to these load values and subjected to 24 hours under stress. The width and length changes of the yarns after the stretching process were measured, Poisson's ratios of yarns were calculated and results are given in Table 3.

Microscopic images of original (without tension) yarns and 24-hour stretched yarns were evaluated in the Olympus SZ-PT (10 times magnification) microscope

and the images were presented in Figures 2 - 5 in order to evaluate the dimensional changes of the yarns after tension.

The Poisson's Ratio (PR) (ν) is defined as the negative rate of the axial strain to the extensional strain (Equation 1) (Uzun, 2010: 13).

$$\nu = - \frac{\text{axial strain}}{\text{extensional strain}} \quad (1)$$

Table 3. The changes of yarn width - length and Poisson's ratio values

Yarn Code	Yarn Length (cm)		Yarn Width (mm)		Poisson's Ratio (ν)
	without tension	after tension	without tension	after tension	
300/72 Denier	25	16	0.8	2.0	0.13
Helical-1	25	21	1.5	5.0	0.88
Helical-2	25	22	1.0	2.2	0.40
Braid	25	19	1.7	3.5	0.30

Auxetic materials are expected to expand laterally in axial direction (under dynamic loading) as expected. In this study, it was not possible to obtain an expansion in the lateral direction as expected under dynamic loading.

For this reason, a static load was applied on these yarns, and the yarns were held in a constant force (half of the breaking load) for 24 hours by stretching. Dimensional (width and length) changes in the yarns after loading were examined. As can be seen from Table 3, after the static loading (after the load was removed) a high increase in the yarn width was observed, while the longitudinal direction was shortened. As a result of this, the calculated Poisson's ratio of the yarns was obtained positively. As a result, negative Poisson's ratios expected from auxetic materials could not be obtained.

Figure 2. Microscopic images of 300/72 denier yarn

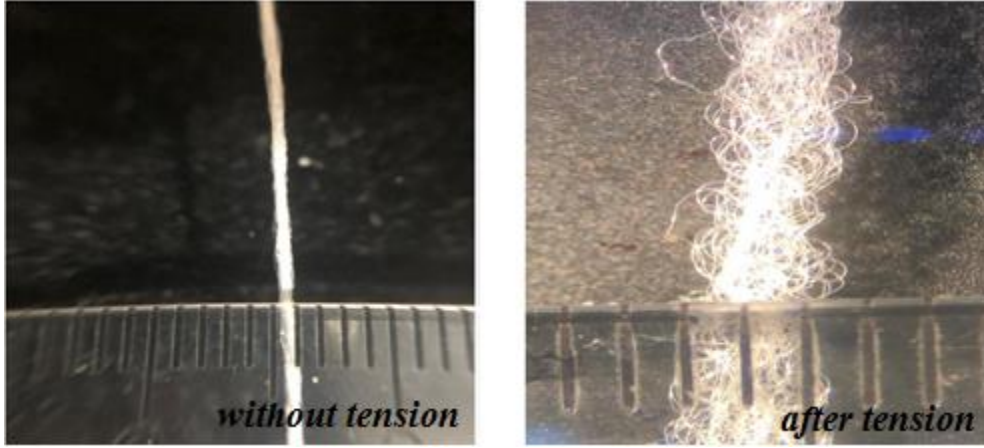


Figure 3. Microscopic images of helical-1 yarn

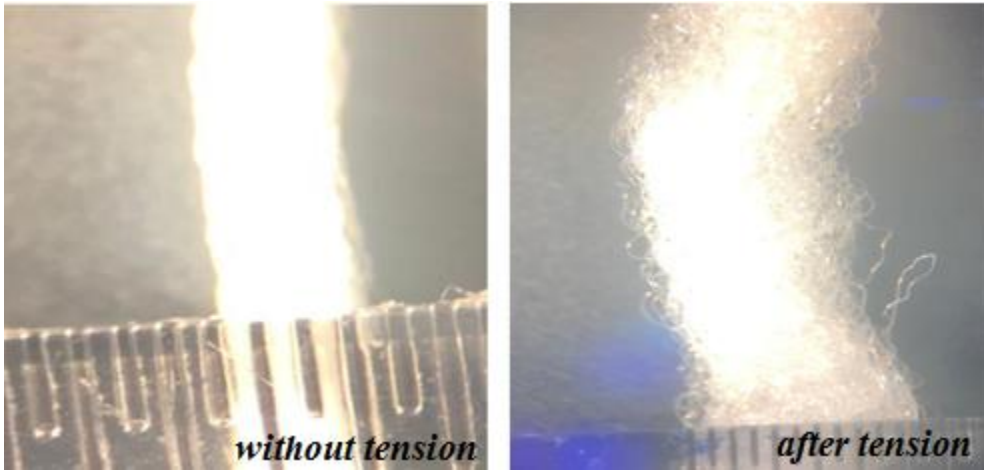


Figure 4. Microscopic images of helical-2 yarn

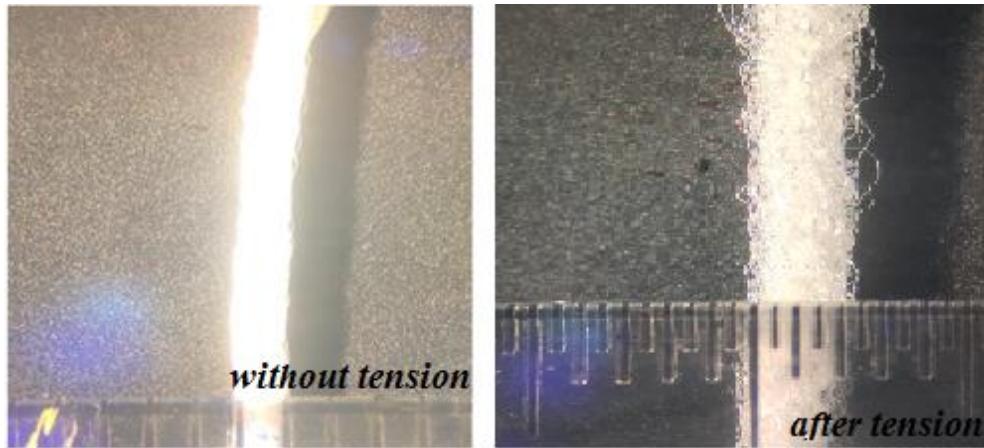
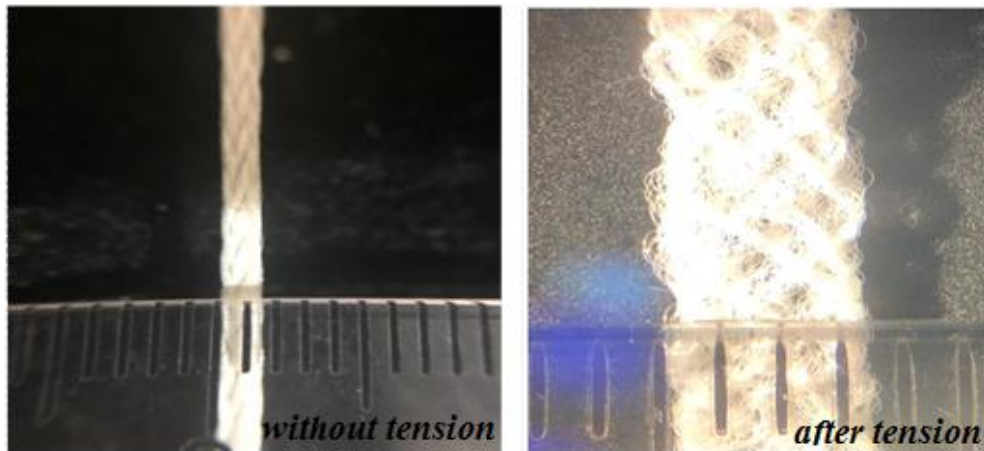


Figure 5. Microscopic images of braid yarn



4. CONCLUSION

Micro-structured auxetic polymer materials are foam-like, spongy materials and they could not be effectively produced in fiber form in the textile industry and produced in the textile industry at desired strength levels such as weaving and knitting. For these reasons, it was considered that with the production of Auxetic woven fabric structure, it could make more efficient with low cost and low chemical consumption and it would be a valuable option for many industrial and technical applications.

By designing the woven fabric construction with an auxetic (with a negative Poisson's ratio) property, it is possible to provide many functional features to the woven fabric structure in a single process. In this way, it will be ensured that a fabric structure will be used to give an auxetic feature in macro dimension without changing the microstructure of the material.

In this study, the design and auxetic performances of auxetic yarn components to be used for the production of woven fabric structures with auxetic properties in industrial weaving machines are evaluated. Auxetic performances of helical plied yarns and braid yarns designed and manufactured in different structural forms. The thickness of the yarn components has been chosen at low levels so that the designed auxetic yarns can be used as weft yarn efficiently in weaving machines.

As a result of this study, it has been observed that the properties of the component yarns to be used in the helical and braid yarn structures to be designed as auxetic properties should be chosen in different variety of yarn properties such as type, thickness, and elastic module.

Considering that it is within the optimum yarn count limits that can be used in weaving process, studies will be carried out to obtain a yarn structures which expanded laterally in axial direction under dynamic loading.

5. REFERANCES

- DARJA, R., TATJANA, R. ve ALENKA, P. C. (2013). "Auxetic Textiles", *Acta Chim. Slov.*, 60, 715–723.
- GE, Z. Y.; HU, H.; LIU, S. R. (2016). "A novel plied yarn structure with negative Poisson's ratio", *J. Text. Inst.*, 107, 578–588.
- HOOKE, P. B. (2003). *Auxetic Mechanisms, Structures & Materials*, Ph.D. Thesis, School of Engineering and Computer Science, University of Exeter, Exeter, UK.
- HOSSEINI, K.; SADEGHI, A.; JEDDI, A. A. A. (2013). "Characterization of fabric tensile loading curve in nonlinear region related to their structure; Part I: Woven fabric", *J. Text. Polym.*, 1, 53–59.
- HU, H.; WANG, Z. Y.; LIU, S. (2011). "Development of auxetic fabrics using flat knitting technology", *Text. Res. J.*, 81, 1493–1502.
- LIU, Y.; HU, H.; LAM, J. K. C.; LIU, S. (2010). "Negative Poisson's ratio weft-knitted fabrics.", *Text. Res. J.*, 80, 856–863.
- NG, W. S. ve HU, H. (2018). "Woven Fabrics Made of Auxetic Plied Yarns", *Polymers*, 10, 226, 1-19.
- SHAHABI, N. E.; SAHARKHIZ, S.; VARKIYANI, S. M. H. (2013). "Effect of fabric structure and weft density on the Poisson's ratio of worsted fabric", *J. Eng. Fiber. Fabr.*, 8, 63–71.
- SHAHABI, N. E.; MOUSAZADEGAN, F.; VARKIYANI, S. M. H.; SAHARKHIZ, S. (2014). "Crimp analysis of worsted fabrics in the terms of fabric extension behaviour", *Fibers Polym.*, 15, 1211–1220.
- SHANAHAN, M. E. R. ve PICCIRELLI, N. (2008). "Elastic behaviour of a stretched woven cloth", *Composites: Part A: Applied Science and Manufacturing*, 39, 1059–1064
- SLOAN, M. R.; WRIGHT, J. R. ve EVANS, K. E. (2011). "The helical auxetic yarn – a novel structure for composites and textiles; geometry manufacture and mechanical properties", *Mech. Mater.*, 43, 476–486.
- SUN, H.; PAN, N.; POSTLE, R. (2005). "On the Poisson's ratios of a woven fabric", *Compos. Struct.*, 68, 505–510.
- UGBOLUE, S. C.; KIM, Y. K.; WARNER, S. B.; FAN, Q.; YANG, C.; KYZYMCHUK, O.; FENG, Y.; LORD, J. (2011). "The formation and performance of auxetic textiles. Part II: geometry and structural properties", *J. Text. Inst.*, 102, 424–433.

- UGBOLUE, S. C.; KIM, Y. K.; WARNER, S. B.; FAN, Q.; YANG, C.; KYZYM-CHUK, O.; FENG, Y. (2010). “The formation and performance of auxetic textiles. Part I: theoretical and technical considerations”, *J. Text. Inst.*, 101, 660–667.
- UZUN, M. (2010). “Negative Poisson Ratio (Auxetic) Materials and Their Applications”, *The Journal Of Textiles and Engineers*, 17, 177, 13-18.
- VYSANSKAV, M. ve VINTROVA, P. (2013). “Auxetic woven fabrics-Pores’ parameters observation”, *J. Donghua University*, 30, 416–420.
- WRIGHT, J. L.; BURNS, M. K.; JAMES, E.; SLOAN, M. R.; EVANS, K. E. (2012). “On the design and characterisation of low-stiffness auxetic yarns and fabrics”. *Text. Res. J.*, 82, 645–654.

DEĞER AKIŞ HARİTALAMA YÖNTEMİ KULLANILARAK TEKSTİL SEKTÖRÜNDE YALIN ÜRETİM UYGULAMASI

Sema BİLİCİ

Yalova Üniversitesi

Fuat KOSANOĞLU

Yalova Üniversitesi

Özet: Yalın üretim, üretim akışını en üst düzeye çıkarırken israfı en aza indirmeyi veya tamamen ortadan kaldırmayı amaçlar. Değer akış haritalama (VSM), mevcut sistemin performansını ortaya koymak ve analiz etmek için veri toplanmasını içeren ve üretim sürecini planlamaya yönelik bir yalın üretim aracıdır. VSM, analiz edilen üretim hattının toplam çevrim süresini, envanter seviyelerini ve mevcut teslim süresini belirlemek için kullanılır. Bu değerler, nihai ürüne değer katmayan faaliyetleri tanımlamak ve ortadan kaldırmak için kullanılır. Bu çalışma, bir tekstil fabrikasında değer akış haritalama yöntemi kullanılarak yalın üretim uygulaması yapmayı amaçlamaktadır. Değer akışı yöntemlerini kullanarak, öncelikle israf kaynaklarını tanımlamak için kuruluşun mevcut durum haritası ortaya çıkarılır ve sonrasında firmanın rekabet gücünü artırmak için olası iyileştirmeler tartışılır.

Anahtar Kelimeler: Hata Türleri ve Etkileri Analizi, Değer Akış Haritalama, Yalın Üretim

An Application of A Lean Manufacturing Model by Carrying Out Value Stream Mapping in Textile Industry

Abstract: Lean manufacturing aims to minimize or completely eliminate waste while maximizing production flow. Value stream mapping is a lean manufacturing tool to plan a production process that involves collection of data to capture current system performance and analysis. Value stream mapping presents current lead time, inventory levels and cycle times to determine the ratio of value added to total lead time of the product line being analyzed. These values are utilized to identify and eliminate the activities that do not add any value to the final product. This work aims to present the application of lean manufacturing using value stream mapping (VSM) concepts in a textile manufacturing factory. Using value stream concepts, first current states

map of the organization is presented to identify sources of waste and then possible improvements are discussed to increase its competitiveness.

Keywords: Failure Mode Effect Analyses, Value Stream Mapping, Lean Production

1. GİRİŞ

Üretim, bireylerin ihtiyaçlarının karşılamak için mal ve hizmetlerin miktarını ya da faydalarını arttırmaya yönelik çalışmalardır. Üretim süreci boyunca işletme kaynaklarının, verimli ve planlı bir şekilde yürütülerek, maliyet ve zaman tasarrufu ile birlikte kârlılık elde etmek günümüz rekabetçi koşullarında son derece önemlidir. Bir işletmede, üretim faaliyetleri için gerekli ve gereksiz işlemlerin birbirinden ayrılması gerekmektedir. Bu ayrıştırma işlemi, ürüne değer katan ve katmayan faaliyetlerden oluşan değer akışının analiz edilmesi ile yapılmaktadır. Yanlış ürün ya da hizmetin doğru veya doğru ürünün zamanından önce üretilmesi sadece israftır. Yalın bakış açısında müşteriye değer katmayan her şey israf olarak nitelendirilmektedir. Taiichi Ohno (1988), israfı “kaynak tüketen fakat değer yaratmayan bir faaliyet” olarak tanımlamıştır.

Günümüzün küresel rekabet ortamında işletmeler giderek daha talepkâr olan müşterilere hizmet vermektedir. İşletmeler piyasadaki varlıklarını sürdürülebilmek için, gerek bireysel tüketiciler gerek başka üretici/satıcı firmalar olsun, müşterilerinin beklentilerini hızla karşılayabilmek ve anlık olarak değişebilen taleplere cevap verebilmek ve uyum sağlayabilmek zorundadır.

İşletmeler rekabetçi piyasa koşullarında ayakta kalabilmek için israfı minimize etme için farklı metodlar geliştirilmiştir. Değer Akış Haritalama bunların başında gelen ve diğer metodlarla birlikte kullanılan bir Yalın Üretim tekniğidir. Gahagan (2007), Değer Akış Haritalama tekniğini bir benzetim modeli ile birlikte kullanmıştır. Arena programında geliştirilen bir VSM şablonu ile haritalamadaki bulguları doğrularak ve değer akışındaki değişiklikleri deneyerek kazanımların belirginleştirilmesi sağlanmıştır. Ar ve Al-Ashraf (2012), Yalın Üretim ilkelerinin bir otomotiv üretim tesisi için uyarlandığı bir vaka üzerinde çalışmışlardır. Bu çalışma ile, stok kontrolünün sağlanması, ürün kalitesinin iyileştirilmesi ve daha iyi bir operasyonel kontrol sağlanması amaçlanmıştır. Sedefoğlu ve Akman (2018), Değer Akış Haritalama tekniğini Analitik Hiyerarşi Proses metodu ile birlikte kullanarak verimsiz bir üretim hattı için iyileştirmeler sunarak bir aksiyon planı oluşturmuşlardır. Mohanraj ve Sakthivel (2011), Değer Akış Haritalama ve Kalite Yayılım Fonksiyonu yöntemlerini birlikte kullanarak atıkların bilimsel olarak açıklanması ve israfın engellenmesi amaçlamışlardır. (Mohanraj & Sakthivel, 2011) Akçaoğlu (2012), Bayes İnanç Ağları

(Bayesian Belief Network) modeli kullanarak VSM tekniğine bağlı olarak belirlenen darboğaz süreçlerin ve sürelerinin iyileştirilmesinde çözüm önerileri sunmuştur. Vinoth ve Raghuraman (2013), üretim hattındaki atık ve katma değeri olmayan işleri analiz ederek performansı iyileştirmek için gerekli eylem planlarını VSM ve Hata Türü Etkileri Analizi (FMEA) yöntemiyle oluşturmuştur.

Bu çalışmada, ilk olarak bir proseste FMEA yöntemi ile hataları analiz edilerek, hataların oluşumunu en aza indirmek hedeflenmiştir. Daha sonrasında ise VSM yöntemi ile üretim birimlerinin her biri için takt zamanları belirlenerek, uygun noktalarda dengelenmiş üretim akışı tasarlanacak şekilde iyileştirmeler sunulmuştur.

2. Metodoloji

2.1. Değer Akış Haritalama

Girdileri (hammadde, enerji ,işgücü) çıktılara (ürüne ve/veya hizmete) dönüştüren süreçte çok sayıda faaliyet vardır. Bu faaliyetler arasında nihai ürüne değer katanların yanında değer katmayanlar da vardır. Değer akışı haritalama metodu (Value Stream Mapping) nihai ürüne değer katmayan adımları gösteren bir harita sunmaktadır. Değer akış haritalama yöntemi, prosesleri tek tek iyileştirmek yerine sistemin bütünü iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Bu yöntem ile israfın ortadan kaldırılması, kaynakların en etkin biçimde kullanılması, hammaddenin zamanında ürüne dönüştürülmesi, teslim sürelerinin kısaltılması, maliyetlerin azaltılması ve işletmeye bu sayede kârlılığın artırılması amaçlanmaktadır.

Değer akışı haritalama tekniği, yalın sistemleri kurmak için, sistem içinde mevcut ve gelecek durumları göstermek amacıyla kullanılmaktadır (Rother & Shook, 1999). Değer akış haritası yapmak en basit haliyle var olan sistemdeki bilgi ve malzeme akışlarını gözlemlemek, bunları görselleştirmek ve daha çok verimlilik hedefleyen bir gelecek durum oluşturma sürecidir (Jones & Womack, 2001).

Değer akış haritalama tekniği uygulamasında bir takım temel ölçütler vardır. Bu ölçütlerin karar vermek için yöneticilere doğru bilgi sağlaması beklenir.(Rother & Shook, 1999)

- **Takt Zamanı:** Takt zamanı herhangi bir üretim veya hizmetin hızını müşteri talebi ile ilişkilendiren bir ölçüttür. Takt zamanının asıl hedefi üretimin talep ile kesin olarak örtüşmesini sağlamak olduğundan yalın üretimin en önemli kısımlarından biri olarak görülür.(Marchwinski & Shook, 2007) Müşteri istekleriyle oluşan toplam talebi karşılarken ama aynı zamanda stok seviyesini en az seviyede tutacak şekilde üretimi ilişkilendirmek takt zamanı ile mümkündür. Takt zamanı Tam Zamanında Üretim'in (JIT) temelidir.

- **Çevrim Süresi:** Gözlem yapmak suretiyle süresi ölçülmüş olan, ürünün prosesteki tamamlanma süresi. Bu süre, hesaba ve şartlara ve operatör sayısına bağlı olabilmektedir. Çevrim zamanı takt zamanından daha az olursa fazladan üretim yapılmış olacaktır ve bu da proseste fazladan operatör çalıştığını gösterir.(Rother & Shook, 1999)

- **Katma Değer Süresi:** Çevrim süresi sırasında müşterinin “Değer” olarak tanımladığı işlemlerin gerçekleştirildiği süre olarak tanımlanabilir.

- **Değer Yaratmayan Süre:** Müşteri tarafından herhangi bir ürüne veya hizmete maliyet katan fakat değer katmayan faaliyetlerin süresidir.(Marchwinski & Shook, 2007)

- **Akış Zamanı:** Bir ürünün ortaya çıkış sürecindeki dönüşümün toplam zamanıdır.

2.2. Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA)

Hata türü ve etkileri analizi yöntemi, olası hata ve başarısızlık türlerini kaynağında yok etmeyi amaçlayan etkili bir Toplam Kalite Yönetimi tekniğidir. Uygulama kolaylığı ve her sektörde kullanılabilmesi sebebiyle FMEA yöntemi, diğer kalite tekniklerine göre oldukça avantajlı bir yöntemdir.

FMEA aşağıda listelenen bir grup faaliyetler içermektedir.

1. Bir ürün veya hizmetin oluşum sürecindeki hata/başarısızlık türlerinin değerlendirilmesi,
2. Söz konusu hata/başarısızlığın potansiyel sebeplerinin belirlenmesi,
3. Olasılık, şiddet ve fark edilebilirliğe bağlı olarak hataların önceliğini ortaya çıkarılması,
4. Sorunların izlenmesi ve düzeltici faaliyetlerin yapılması.

Olası durumda olan her hatanın risk esasına bağlı kritiklik durumuna bakılır. Hataların kritiklik durumunu ölçen ölçüt RÖS (Risk Öncelik Sayısı) olarak adlandırılır;

$$RÖS=P(\text{Oluşma Olasılığı}) \times S(\text{Şiddet}) \times D(\text{Fark Edilebilirlik})$$

En büyük sayısal RÖS değeri, en etkin hatayı gösterir. Bu durumda RÖS katsayısının en büyük olduğu değerden başlanır. Çünkü en büyük zararlar RÖS’ün en büyük değerine isabet eder. Dolayısıyla RÖS katsayısı FMEA kullanımında belirleyici bir özellik taşımaktadır (Akın, 1998). Düzeltici önlem alma kararı, RÖS değerlerine göre verilir. Bu sayede olası zarar meydana getirecek durumlar önceden belirlenerek önlemler geliştirilir ve zararların etki olasılığı giderilir.

3. UYGULAMA

Bu çalışmada, el örgü ipliği üreten bir tekstil işletmesinin müşteri memnuniyetini arttırmak ve üretim süreçlerini iyileştirmek için üretim alanında yaşanan sorunlara çözümler sunulması amaçlanmıştır. Üretim hattındaki her hatanın sebeplerini ve etkilerini belirleyerek problemlerin detaylandırılması ve çözüm önerilerinin sunulmasını hedeflenmiştir. Bunun için problemleri önceliklendirmek adına Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA) kullanılmış olup daha sonrasında hatanın meydana geldiği sürecin iyileştirilmesi için Haritalama VSM tekniği kullanılmıştır.

3.1. Problemin Tanımı

Uygulamanın yapıldığı firmada gerçekleştirilen FMEA uygulaması temel olarak 3 aşamadan oluşmaktadır.

- Proseste meydana gelen hataların ve nedenlerinin belirlenmesi,
- Olasılık, şiddet ve farkedilebilirlik değerlerinin atanması ve Risk Öncelik Katsayısının (RÖS) hesaplanması,
- Hataların RÖS değerine göre sıralanması ve önlemlerin saptanması

Ekip üyeleri tarafından olasılık, şiddet ve farkedilebilirlik değerleri belirlenen hatalar RÖS (Risk Öncelik Sayısı) değerlerine göre aşağıda Tablo 1. 'de sıralanmıştır.

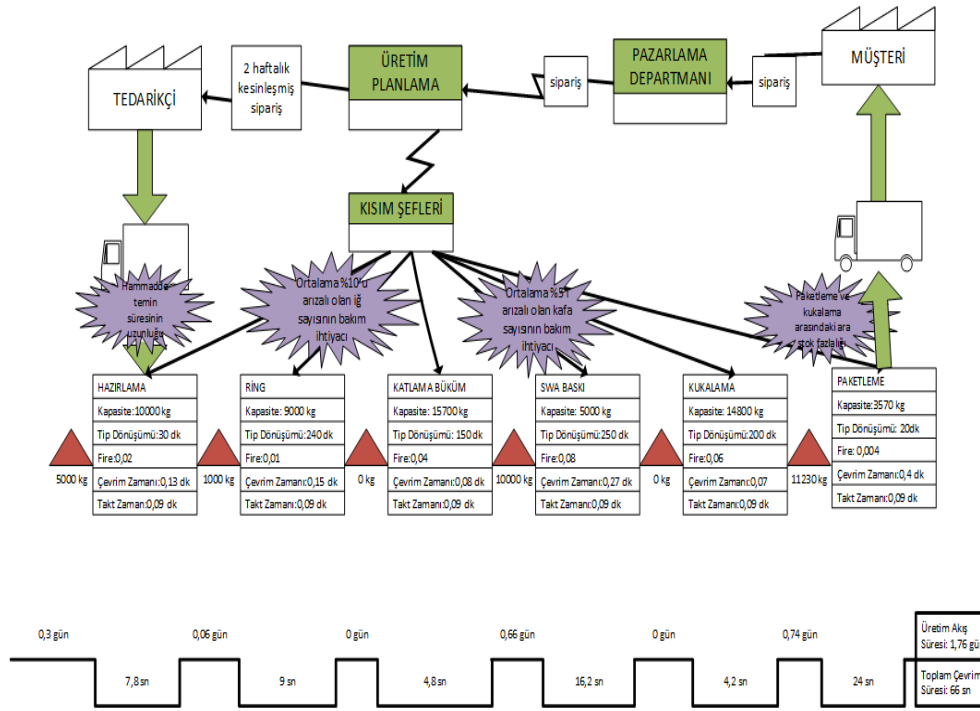
Tablo 1 Mevcut Durum RÖS Tanımları ve Değerleri

Sıra No	Hata	RÖS(Olasılık x Şiddet x Farkedilebilirlik)
1	Paketleme sırasında yapılan asorti işlemi ile bir önceki proses olan kükalama arasındaki ara stok kontrolsüzlüğü	150
2	Hammadde temin süresinin uzunluğu	120
3	Bazı makinelerden istenilen miktarda verim alınamaması	110
4	Kazan boyamalarda abraj ile karşılaşılması	84
5	Kuka gramajlarında varyasyon olması	56
6	Hammadde, yarı mamul ve mamul ambargo girişlerin düzensizliği ve hatalı veriler	56

3.2. Mevcut Durum Analizi

RÖS değeri 100'ün üzerinde olan problemler, mevcut durum değer akış haritası üzerinde gösterilmektedir. 15 tonluk bir sipariş için takt time, çevrim süreleri ve ara stoklar Şekil 1.'deki gibi haritalandırılmıştır.

Şekil 1. Mevcut Durum Haritası

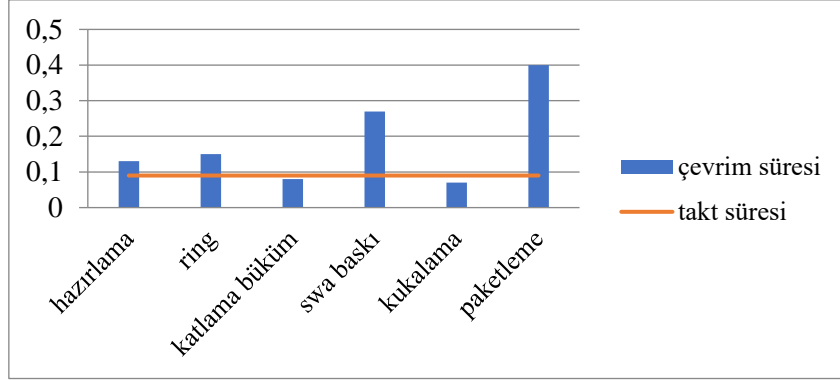


Hammaddenin üretime hazır olduğu düşünüldüğünde toplam akış süresi 1,76 gün olup, toplam çevrim süresi ise 66 sn'dir. Yalın üretimin temel prensibi, gerekli parçaların gereken miktarlarda ve gerektiği zamanda üretilmesidir. Bu prensibi yerine getirebilmek için takt zamanın bilinmesi gerekmektedir.

- Bu işletmede takt süresi 0,09 dk'dır.
- Diğer bir deyişle müşteri 0,09 dakikada 1 kg ürün talep etmektedir.

Mevcut durum haritası, her bölümün çevrim süresi ile takt süresi arasındaki farkın çok fazla olduğu göstermektedir. Bu durumda Grafik 1.'de görüldüğü gibi, bazı bölümlerde ara stok varken bazı bölümlerde atıl kapasite mevcuttur.

Grafik 1. Mevcut Durum Çevrim Süresi Grafiği

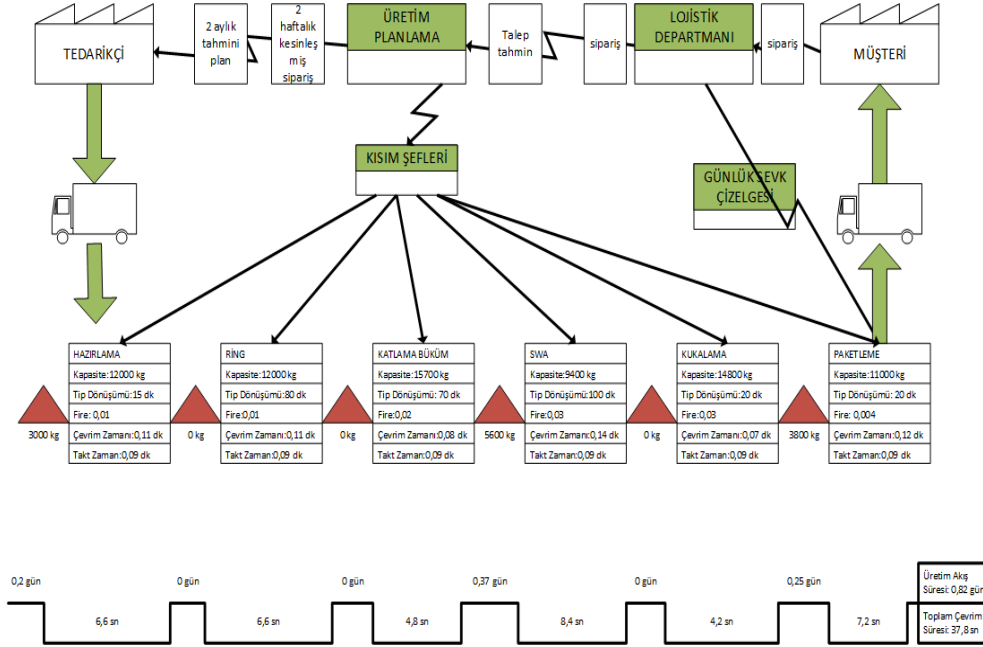


Mevcut duruma bakıldığında, kukalama işleminin çevrim süresi takt süresine daha yakinken paketlenme işleminin çevrim süresi takt süresine oldukça uzaktır. Bu durum iki bölüm arasında kontrolsüz bir ara stok durumu oluşturmaktadır. Müşteriden gelen siparişler doğrultusunda açılan hammadde talepleri tedarikçinin üretim durumuna göre 6-8 hafta gibi uzun bir sürede gelmektedir. Bu doğrultuda siparişin teslim süresinde problem yaşanmaktadır. Ayrıca makinelerden istenilen verim alınamamasının sebebi zayıf bakım faaliyetlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Aşınmış parçalar, çeşitli araç gereçler veya zarar görmüş iş parçaları, tip dönüşüm, takım değişimi ve hazırlık süresilerinin uzamasına sebebiyet verebilmektedir.

3.3. Gelecek Durum Tasarımı

Yapılan değerlendirmeler sonucunda, incelenen üretim süreçlerindeki olası iyileştirme noktaları belirlenmiştir. Analizler ve çalışmalar sonucunda elde edilen gelecek durum değer akışı haritası Şekil 2. 'de verilmiştir.

Şekil 2. Gelecek Durum Haritası



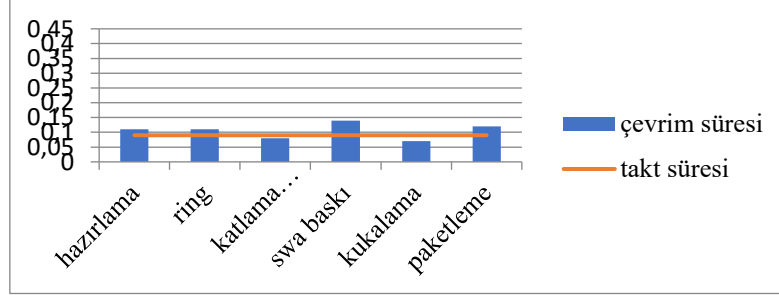
4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, değer akışı haritalandırma yönteminin kullanıldığı bir yalın üretime geçiş uygulaması yapılmıştır. Yalın üretim teknikleri ile iyileştirmeler yapılırken işletmenin çevrim süresinin azaltılması, stok miktarının düşürülmesi, karşılaşılan problemlerin etkilerinin en aza düşürülmesi hedeflenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda en önemli problemlerin; paketleme ile kukalama bölümü arasındaki ara stok yoğunluğu, hammadde temin süresinin uzunluğu ve bazı makinelerde istenilen verimin alınmaması olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmada aşağıdaki düzeltmeler ile israflardan kaçınılabileceği sonucuna varılmıştır.

- Ring bölümünde eleman dağılımları gözden geçirilerek duruş süreleri azaltılabilir. Fital kiloları artırılarak tip dönüşüm süreleri düşürülebilir.
- Swa baskı bölümünde takım değişim süreleri azaltılabilir. Boya kazan kiloları artırılarak tip dönüşüm süresi düşürülebilir.
- Paketleme bölümünde eleman sayısı yeniden düzenlenerek kapasite artırılabilir. Biten ürünün kutulama işlemi kuka makine başlarında yapılarak paketleme bölümündeki iş yoğunluğu dengelenebilir.
- Her istasyonda 5S ile çalışanların çalışma ortamı iyileştirilmesi sağlanabilir.

- Ayrıca planlama departmanı arasına eklenmesi önerilen lojistik departmanı ile müşteriden gelen taleplere bağlı olarak yapılabilecek talep tahminleri ile 6 ile 8 hafta arasında gelen hammaddenin daha önce tedarik edilebilmesi sağlanabilir.

Grafik 2. Gelecek Durum Çevrim Süresi Grafiği



Grafik 2. de görüldüğü üzere her bir iş istasyonunun çevrim zamanı ile takt zaman arasındaki fark azalmıştır. Ek olarak mevcut durumda önerilen iyileştirmeler ile toplam akış süresi 0,85 güne, toplam çevrim süresi 37,8 sn'ye düşürülebileceği görülmüştür.

Tablo 2. Gelecek Durum RÖS Tanımları ve Değerleri

Sıra No	Hata	RÖS (Olasılık x Şiddet x Farkedilebilirlik)
1	Paketleme sırasında yapılan asorti işlemi ile bir önceki proses olan kukalama arasındaki ara stok kontrolsüzlüğü	80
2	Hammadde temin süresinin uzunluğu	72
3	Bazı makinelerden istenilen miktarda verim alınamaması	63

Üretim alanında önerilen eylem planları sonrası uygulanan ikinci FMEA ile RÖS değeri 100'ün üzerinde olan 3 hatada iyileşme gözlemlenmiştir.

5. Kaynakça

- Akçaoğlu, Ö. (2012). Değer Akış Haritalarında Belirlenen Darboğazların Çözümü için Bayes Ağları ile Senaryo Üretimi: Çamaşır Makinesi Fabrikasında Bir Uygulama. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Akın, B. (1998). *Hata Türleri ve Etkileri Analizi (HTEA)*. Bilim Teknik Yayınevi.
- Ar, R., & Al-Ashraf, M. (2012). Production Flow Analysis through Value Stream Mapping : A Lean Manufacturing Process Case Study. *Procedia Engineering*, 41, 1727–1734. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.375>
- Gahagan, S. M. (2007). Adding Value To Value Stream Mapping : A Simulation Model Template For VSM. In *Proceedings of the 2007 Industrial Engineering Research Conference*.
- Jones, D., & Womack, J. (2001). *Bütünü Görmek*. Yalın Enstitü Yayınları.
- Marchwinski, C., & Shook, J. (2007). *Yalın Kavramlar Sözlüğü* (Yalın Enst).
- Mohanraj, R., & Sakthivel, M. (2011). QFD integrated value stream mapping : an enabler of lean manufacturing. *Int. J. Productivity and Quality Management*, 7.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Görmeyi Öğrenmek*. Yalın Enstitü Yayınları.
- Sedefoğlu, G., & Akman, G. (2018). Improving an Inefficient Production Line Via AHP and Value Stream Mapping. *Journal of Naval Sciences and Engineering*, 14, 1–22.
- Vinoth, G., & Raghuraman, S. (2013). Lean Engineering Principles: An Effective Way to Improve Performance and Process on Production Floor. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 2(3).

WATERLESS DYEING OF POLYESTER

PhD Assistant of Prof Semiha EREN

Uludağ University

Hande ÖZCAN

Uludağ University

PhD İdil YİĞİT

Uludağ University

Professor Ozan AVİNÇ

Uludağ University

Prof. Hüseyin Aksel EREN

Pamukkale University

Abstract: Polyester dyeing at supercritical carbon dioxide conditions without water usage is an important development for the world sustainability leading to shorter dyeing time, reduced chemical usage and no dyeing wastewater. Moreover, it is also possible to recover the excess of the dyestuff used. This dyeing method is outshining as an example of environmentally friendly and sustainable production. This paper reviews the polyester dyeing at supercritical carbon dioxide conditions and related recent developments.

Keywords: Polyester, Supercritical carbon dioxide, Dyeing, Waterless dyeing

1- Introduction

Fresh clean water is a precious resource which is increasingly in high demand and under threat due to increasing usage throughout the world (Figure 1). Although water covers 70% of our planet, only 3% of the world's water is freshwater, and two-thirds of this freshwater is in frozen glaciers which is unavailable for our human use [1]. According to the world water data, the amount of water use and exhausted industrial harmful waste water increases every year.

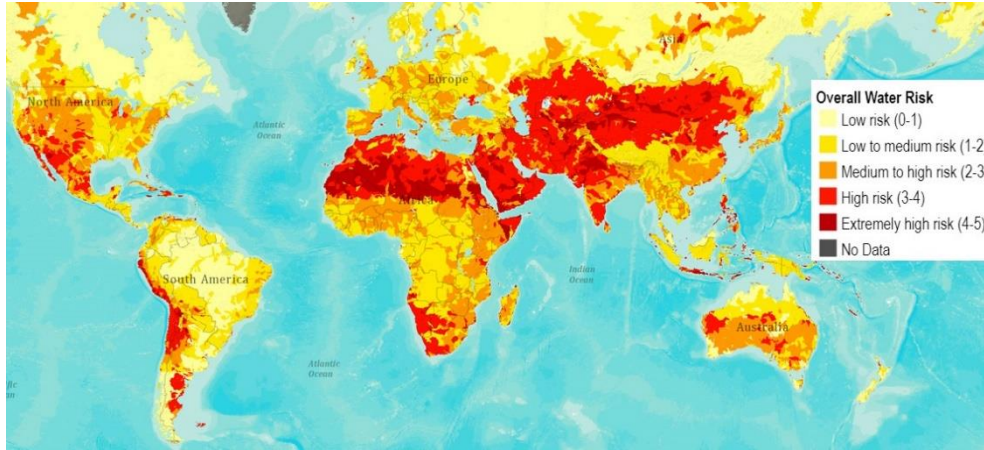


Figure 1. Water-related risk severity World Atlas map (<https://www.wri.org/applications/maps>)

Water is used in many processes during textile wet processing and finishing. The textile industry uses vast amounts of water throughout all different kinds of processing operations. Almost all dyes, specialty chemicals and finishing chemicals are applied to textiles in aqueous media leading to immense water usage. Most fabric preparation steps, such as scouring and bleaching, also require quite significant amount of water. Furthermore, most of the aqueous textile finishing processes are followed by a washing step combinations to remove all excessive chemicals used in that step before moving on to the upcoming processing steps. The utilized effluent water sometimes can be directly released to our ecosystem and may contain some portion and cocktail of the used process chemicals during the textile finishing process leading to environmental hazards and possible contamination to underground water. It is not only a potential risk for the human health but also a risk for the health of the entire ecosystem [2]. A large amount of clean water is utilized during textile finishing processes leading to a large amount of wastewater. Indeed, approximately 100-150 liters of clean water is needed for the finishing operations of only 1 kg of textile materials [3, 4]. Therefore, novel approaches to protect the finite water sources and the environment are needed to leave our beautiful world in a good condition for future generations. In this regard, waterless dyeing or dyeing at supercritical carbon dioxide media is an emerging promising technology (Figure 1). This review aims to give information on waterless dyeing of polyester goods and its related recent developments.

2- Waterless Polyester Dyeing

Large scale water pollution in the recent industrial dyeing treatments poses an environmental trouble and an economic burden for the textile sector. In the last years, scientists have explored supercritical fluids (SCFs) as an alternative to water as a dyeing media [5]. It is known that states of the matter depend on temperature and pressure and any substance is characterized by a critical point that is obtained at specific conditions of pressure and temperature. When a compound is subjected to a pressure and a temperature higher than its critical point, the fluid can be called as 'supercritical' (Figure 2) [6]. Baron Charles Cagniard de la Tour defined the supercritical fluid (SCF) as a state of matter where the liquid and vapor phases are indistinguishable in 1822 [7]. The first technological application of SCF, however, had to wait for almost 150 years when, in 1970, Kurt Zosel of Max Plank Institut Fur Kohlenforschung, used supercritical carbon dioxide (scCO₂) to extract caffeine from coffee beans and raisin from hops [8]. This was followed by many other applications. The supercritical fluid is neither gas nor liquid but possesses both properties of these two different phases. The density of a supercritical fluid is about 200-400 times greater than the density of the gaseous state, while the density of the liquid state is almost the same [9].

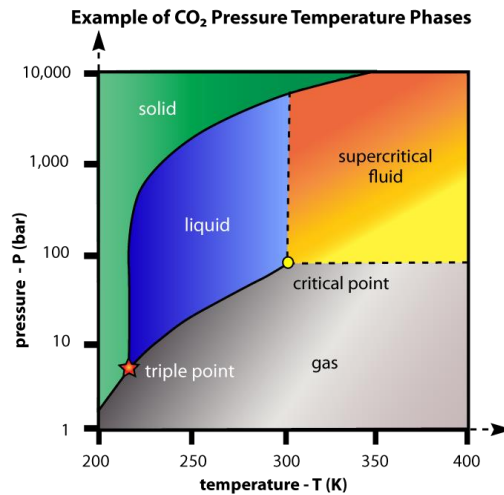


Figure 2. Phases (states) of carbon dioxide (CO₂) according to temperature (K) and pressure (bar) (<https://www.kisspng.com>)

In many research papers, the advantages of supercritical carbon dioxide in relation to water, especially for PET dyeing, were mentioned in great detail. In brief, above the critical point, the carbon dioxide possesses characteristics of both a liquid and a gas as aforementioned. In that way, supercritical CO₂ has liquid-like densities which is advantageous for dissolving hydrophobic dyes, and gas-like low viscosities and diffusion characteristics which can result in shorter dyeing times in comparison with aqueous dyeing [10]. Supercritical carbon dioxide media utilization for especially dyeing purposes is constantly increasing due its eco-friendly and recyclable and reusable nature. It is the best choice for textile applications because the critical temperature and critical pressure values are low and the machine and process operation is partly easier [11]. The use of supercritical carbon dioxide instead of water in the dyeing process is a big step for the textile sector. Typical conditions for textile dyeing in scCO₂ are 30 MPa and 120°C leading to a liquid-like CO₂ density of 585 kg/m³. The most significant advantage of dyeing in scCO₂ instead of water is the easier separation of solvent and residual dye: depressurization after the dyeing results in precipitation of the dye and delivers clean, gaseous CO₂, so that both compounds could be recycled [5]. An extra benefit of dyeing in scCO₂ is resulted from the physical characteristics of the supercritical state: the density is liquid-like, so that low-vapor pressure compounds, such as dyes, can be dissolved. The viscosity is lower and the diffusion coefficient in an supercritical fluid is higher than in a liquid, facilitating mass transportation. When dyeing non-polar textile materials such as polyester fiber, the scCO₂ acts as a swelling agent, plasticizing the polymer and increasing the rate of disperse dyestuff diffusion inside the fiber [12]. It was also used as an eco-friendly benign solvent substitution for hydrocarbons, chlorofluorocarbons, and other organics in other areas [13]. The hydrophobicity of CO₂ is useful for dyeing polyester fibers and fabrics with disperse dyestuffs since such hydrophobic disperse dyes could dissolve in scCO₂ and penetrate the hydrophobic polyester fibers [14]. The dyeing process in supercritical carbon dioxide medium consists of 4 steps. It begins by dissolving the disperse dye in supercritical carbon dioxide and then transfer of dyestuff to the polyester fiber. Afterwards, absorption of dyestuff by the fiber is taking place. Finally dyeing process ends with the diffusion of dyes into the fiber [8]. The dyestuff penetrates deep into the fibres creating intense colors with excellent quality characteristics [15]. Since CO₂ is a nonpolar solvent and disperse dyes could be dissolved without the requirement of dispersing agent usage (i.e. simpler dye formulations can be used than in aqueous dyeing) [5].



Figure 3. Commercial scale DyeCoo brand supercritical carbon dioxide dyeing machine (<https://www.ecotextile.com>)

Commercially used DyeCoo brand supercritical carbon dioxide dyeing machine is shown in Figure 3. DyCoo, **Dutch engineering company**, is a one of the most important leading companies for waterless textile processing systems. **DyeCoo supercritical carbon dioxide dyeing technology has been commercially utilized in factories in Thailand since 2010.** More recently, Nike opened a novel fabric dyeing-factory with the Taiwanese contract manufacturer Far Eastern Century Corp (FENC) and with the collaboration of DyeCoo Textile Systems in Taiwan which utilizes a waterless dyeing method. (<https://www.chemistryworld.com>) Nike named their process as “ColorDry process” which utilizes the supercritical carbon dioxide for polyester fabric dyeing and reported that 95% of the used CO₂ can be recycled. Kuenlin Ho, the executive vice president of FENC, declared that the ColorDry process decreases the dyeing time by 40% and energy usage by about 60% (<https://sustainablebrands.com>). IKEA also recently made an investment in DyeCoo company (<https://sustainablebrands.com>). DyeCoo announced that their customers who use their commercially available supercritical carbon dioxide dyeing machine were dyed over 30 million meters of textile materials per year leading to 100% water and process chemical free dyeing operations (<https://twitter.com/DyeCoo>). The most recently, waterless supercritical carbon dioxide technology is on the way to reach to

India for commercial industrial dyeing purposes. It was reported that DyeCoo is talking with several Indian textile companies and aims to establish this eco-friendly waterless dyeing technology in India in 2019 (<https://www.ecotextile.com>).

3- Conclusions

Unfortunately, water scarcity is a gigantic and increasing problem. Mankind need to alter their approach to the usage and consumption of the finite wonders of the world. Approximately 100-150 liters of clean water is needed for the finishing operations of only 1 kg of textile materials. Waterless supercritical carbon dioxide dyeing technology uses no water and no dyeing auxiliaries to impart color on polyester fabric leading to no dye effluent formation and no subsequent after-treatment processes necessity. Waterless dyeing of polyester fiber is known to exhibit more than 50% saving compared to other conventional methods. This waterless supercritical carbon dioxide dyeing technology is a nice and vital touchstone to create an environmentalist dyeing for a greener and more sustainable world. The usage and proliferation of this technology is expected to increase immensely year by year to protect our future.

References:

- <https://www.worldwildlife.org/threats/water-scarcity> 28.02.2019
- <https://oecotextiles.wordpress.com/2010/02/24/textiles-and-water-use/> 28.02.2019
- AE Ghaly, R Ananthashankar, M Alhattab and VV Ramakrishnan Production, Characterization and Treatment of Textile Effluents: A Critical Review Journal of Chemical Engineering & Process Technology 2014,5(1):1-18
- <http://www.dyecoo.com/pdfs/colourist.pdf> accessed on 28.02.2019
- Martijn Van Der Kraan, Equilibrium Study on the Disperse Dyeing of Polyester Textile in Supercritical Carbon Dioxide, Textile Research Journal Vol 77(8),550-558
- <http://www.supercriticalfluid.org/Supercritical-fluids.146.0.html> ,8.02.2019
- Baron Charles Cagniard de la Tour, Expos'e de quelques r'esultats obtenu par l'action combin'ee de la chaleur et de la compression sur certains liquides, tels que

- l'eau, l'alcool, l'ether sulfurique et l'essence de p'etrole rectifi'ee. Ann. Chim. Phys., 1822, 21, 127– 132. The title is in French.
- Zosel, K., Separation with supercritical gases: practical applications. Angew. Chem., Int. Ed. Engl., 1978, 17, 702–709.
- Kaya K., (2011), “Doğal ve Sentetik Elyafların Süperkritik Karbondioksit Ortamında Boyanması”, Adana
- Leitner W., (2000), Designed to dissolve, Nature, 405, 129-130
- Nahed S. E. Ahmed, Reda M. El-Shishtawy, The use of new technologies in coloration of textile fibers J Mater Sci (2010) 45:1143–1153:1147
- Sicardi, S., Manna, L., and Banchemo, M., Comparison of Dye Diffusion in Poly(ethylene terephthalate) Films in the Presence of a Supercritical Aqueous Solvent, Ind. Eng. Chem. Res. 39, 4707–4713 (2000)
- Goel, S. K., and Beckman, E. J., Generation of Microcellular Polymeric Foams Using Supercritical Carbon Dioxide, I: Effect of Pressure and Temperature on Nucleation, Polym. Eng. Sci. 34, 1137-1147 (1994).
- Guzel, B., and Akgerman, A., Solubility of Disperse and Mordant Dyes in Supercritical CO₂, J. Chem. Eng. Data 44, 83-85 (1999).
- <http://www.dyecoo.com/co2-dyeing/>, 8.02.2019
- https://www.wri.org/applications/maps/aqueductatlas/#x=8.00&y=0.42&s=ws!20!28!c&t=waterrisk&w=def&g=0&i=BWS-16!WSV-4!SV-2!HFO-4!DRO-4!STOR-8!GW-8!WRI-4!ECOS-2!MC-4!WCG-8!ECOV-2!&tr=ind-1!prj_1&l=3&b=terrain&m=group, 10.02.2019
- <https://www.kisspng.com/png-critical-point-supercritical-fluid-supercritical-c-1932257/preview.html>.10.02.2019
- <https://www.ecotextile.com/2019011823987/dyes-chemicals-news/india-textile-sector-weighs-up-co2-dyeing.html>.11.03.2019
- <https://www.chemistryworld.com/news/nike-eliminates-water-at-new-taiwanese-dyeing-plant/6867.article>.11.03.2019
- <https://sustainablebrands.com/read/supply-chain/nike-inc-unveils-color-dry-technology-and-facility-that-eliminate-water-chemicals-in-dyeing>.12.02.2019
- <https://twitter.com/DyeCoo>.13.02.2019

HAVA-JETLİ TEKSTÜRE İŞLEMİNDE MEKANİK GERME ORANININ POLİETİLEN TEREFTALAT (PET) İPLİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Seren DURAN

Uludağ Üniversitesi

Doç. Dr. Serpil KORAL KOÇ

Uludağ Üniversitesi

Özet: Hava-jetli tekstüre, konvansiyonel tekstil uygulamalarında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu işlem, filamentlerin iplik içindeki düzenli yerleşimini mekanik olarak değiştirerek, kesikli liflerden eğrilmiş ipliklere benzer bir forma dönüştürür. Hava-jetli tekstüre işleminde, hava-jetinden tekstüre olarak çıkan iplik, alım ve sevk silindirleri arasındaki bölgede mekanik germeye tabii tutulur. Bu çalışmada, hava-jetli tekstüre işleminde mekanik germe oranının polietilen tereftalat (PET) iplik özelliklerine olan etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, 4 farklı mekanik germe oranında (%0-2-4-6) hava-jetli tekstüre PET iplikler üretilmiştir. Üretilen ipliklerin mekanik özellikleri çekme deneyleriyle incelenmiştir. Tekstüre ipliklerde filamentlerin iplik içerisindeki yerleşimleri, iplik özelliklerinin anlaşılabilmesi için çok önemlidir. Bu nedenle çekme deneylerinden elde edilen sonuçlar optik mikroskop deneyleriyle ilişkilendirilerek açıklanmıştır. Çalışmanın sonucunda, mekanik germe oranının üretilen tekstüre ipliğin yapısını belirgin bir şekilde etkilediği, düşük mekanik germe oranlarında hava-jetli tekstüre iplikten beklenen ilmekli yapının oluşmadığı, yüksek germe oranlarında ise iplik yapısının deforme olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hava-jetli tekstüre, polietilen tereftalat, mekanik germe, mekanik özellik.

Effect of Mechanical Stabilisation on Polyethylene Terephthalate (PET) Yarn Properties in Air-jet Texturing

Abstract: Air-jet texturing is a well-known process in conventional textile applications. This process alters the regular arrangement of the filaments within the yarn mechanically. As a result of this process, the multifilament yarns gain a spun yarn like structure. In air-jet texturing, the textured yarn is subjected to a slight stretch (mechanical stabilization) between two feed-roll

units after the jet. In this study, the effects of mechanical stabilization on PET yarn properties in the air-jet texturing process were investigated. The applied mechanical stretch ratios were determined as 0-2-4-6%. The mechanical properties of the textured yarns were characterized by tensile tests. In textured yarns, the arrangement of the filaments within the yarn has a great importance to understand the yarn properties. Therefore, results of the tensile tests were analysed by considering the optical microscopy studies. It was concluded that, mechanical stretch ratio has a significant effect on the air-jet textured yarn structure. At lower mechanical stretch ratios, the desired loop structure wasn't achieved while at higher ratios the yarn structure was deformed.

Keywords: Air-jet texturing, polyethylene terephthalate, mechanical stabilisation, mechanical property.

1. GİRİŞ

Hava-jetli tekstüre işlemi, sentetik filamentlerin iplik içindeki düzenli yerleşimini mekanik olarak değiştirerek, bu filamentleri birbirine karışmış, hacimli, kesikli liflerden eğrilmiş ipliklere benzer bir forma dönüştürür. Bu teknikte, termoplastik, selülozik ya da inorganik multifilamentler, bir tekstüre jetinden gelen süpersonik hava akımı yardımıyla karıştırılır. İşlem sonrasında, tekstüre ipliklerinde, kesikli liflerden eğrilmiş ipliklerin üzerinde bulunan tüycüklere benzer küçük ilmekler görülür. (Hearle vd., 2001; Acar vd., 2009:125).

Hava-jetli tekstüre makinesi basitçe, besleme ipliği, ilave bir çift besleme silindirli iplik sevk sistemi bulunan uygun bir sarım kafası ve hava-jetinden oluşur. Beslenen ve elde edilmek istenen iplik özelliklerine göre makine ilave tertibatlarla (ısıtılabilen besleme silindirleri, ısıl fiske fırını vb.) donatılabilir (Acar, 1984; Hearle vd., 2001).

İşlem; tekstüre kutusuna girecek olan besleme ipliği hızının, jetten çıkış hızından daha yüksek olması (aşırı besleme) prensibini içermektedir. Aşırı beslenen filamentler, süpersonik ve türbülanslı hava akımının tesiriyle hava-jetinin içinde farklı hızlarda ötelenirler. Jet çıkışında alım silindiri tarafından 90°'lik açıyla alınan bu filamentler iplik yapısına kenetlenerek ilmekli yapıyı oluşturur (Acar, 1984).

İlmekli yapı, ürünlerin üretimi ve kullanımı sırasında kuvvetler altında deforme olabilir. Bu nedenle, hava-jetli tekstüre ipliklerin kalitesini karakterize etmede ilmeklerin stabilitesi çok önemlidir. Hava-jetli tekstüre ipliklerin stabilitesi, kullanılan filamentlerin hammaddesi, inceliği, kesit şekli ve modülü gibi beslenen iplik özelliklerinin yanı sıra; aşırı besleme miktarı, mekanik germe oranı, jet tipi ve hava basıncı gibi üretim parametrelerinden de etkilenir (Koç vd., 2015:157).

Hava-jetli tekstüre işleminde jetten tekstüre olarak çıkan iplik, alım silindiri ile sevk silindiri arasında bir mekanik germeye tabii tutulur. Uygulanan bu mekanik germenin amacı, tam olarak ilmek oluşturamamış filamentlerin çözülmesi ve ilmek oluşturabilmiş filamentlerin daha iyi kilitlenerek üretilen tekstüre ipliğin mekanik özelliklerini daha kararlı hale getirmektir (Demir, 2006).

Hava-jetli tekstüre, tamamen mekanik bir işlem olduğu için, her çeşit sentetik multifilament iplik bu yöntemle tekstüre edilebilir. Kullanılan tüm iplikler arasında poliesterler %35 gibi yüksek bir kullanım alanına sahiptir.

Poliesterler ana zincirlerinde ester bağları bulunduran sentetik liflerdir. Bu lifler sahip oldukları yüksek mukavemet, uzamaya ve deformasyona karşı iyi dayanım, yüksek camsı geçiş sıcaklığı ve asitlere karşı yüksek dayanım gibi özellikleri nedeniyle konvansiyonel ve endüstriyel alanlarda sıklıkla tercih edilmektedir (Scheirs, 2003). Farklı poliester çeşitleri arasında, tekstil sektöründe en yaygın kullanıma sahip olan poliester, polietilen tereftalat (PET) lifleridir.

Bu çalışmanın amacı, hava-jetli tekstüre işleminde, mekanik germe oranının PET iplik özellikleri üzerine olan etkilerinin incelenmesidir. Bu amaçla, %60 aşırı besleme ile, 4 farklı mekanik germe oranında (%0-2-4-6) hava-jetli tekstüre PET iplikler üretilmiştir. Üretilen ipliklerin mekanik özellikleri çekme deneyleriyle incelenmiştir. Tekstüre ipliklerde filamentlerin iplik içerisindeki yerleşimleri iplik özelliklerinin anlaşılabilmesi için çok önemlidir. Bu nedenle, çekme deneylerinden elde edilen sonuçlar, optik mikroskop görüntüleri ile ilişkilendirilerek açıklanmıştır.

2. MATERYAL ve METOT

2.1. Materyal

Çalışmada, 36 filamentli, 167 dtex, kısmen yönlenmiş (POY) konvansiyonel PET iplikler kullanılmıştır.

2.2. Metot

2.2.1. Hava-jetli tekstüre çalışmaları

Hava-jetli tekstüre çalışmaları Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarları'nda bulunan SSM Stähle RM3-T marka hava-jetli tekstüre makinesinde gerçekleştirilmiştir. İplikler makineye tek iplik olarak beslenmiş, 8 Bar hava-jeti basıncı, 250 m/dak üretim hızı ve Hemajet A317 tipi jet kullanılarak üretim gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan PET iplik POY formunda olduğu için makineye beslendiğinde ilk önce sıcak besleme silindirleri arasında çekime tabii tutulmuştur. Kullanılan çekim oranı ve silindir sıcaklıkları, yazarların daha önce bu konuda gerçekleştirdikleri çalışmaların ışığında ve iplik özellikleri göz önüne alınarak belirlenmiştir (Koç, 2008; Koç vd., 2015). Çekim oranı %1,66, alt silindir sıcaklığı 80°C ve üst silindir sıcaklığı 127°C olarak kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan mekanik germe oranları ise ön çalışmalar neticesinde tespit edilmiştir. Bu çalışmalar sonunda %6 mekanik germe oranından yüksek değerlerde iplik yapısında deformasyonun meydana geldiği gözlenmiştir. Bu nedenle mekanik germe değerleri %0, %2, %4 ve %6 olarak belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen hava-jetli tekstüre işlemlerinde değiştirilen tek parametre mekanik germe oranı olduğu için numune kodları kullanılan mekanik germe oranları göz önüne alınarak belirlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Çalışmada kullanılan iplik kodları

Beslenen iplik	Mekanik germe oranı (%)	İplik kodu
PET	0	PET.0
	2	PET.2
	4	PET.4
	6	PET.6

2.2.2. Çekme Deneyleri

Çekme deneyleri, Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarları'nda bulunan Shimadzu Ag-X Plus marka çekme cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Numuneler çekme deneyler öncesinde $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıkta ve 65 ± 4 bağıl nem koşullarında 24 saat kondüsyonlanmıştır. Deneylerde çeneler arası mesafe 250 mm, çene hareket hızı ise 300 mm/dk olarak kullanılmıştır.

2.2.3. Optik Mikroskop Deneyleri

Optik mikroskop deneyleri hava-jetli tekstüre işlemi sonrasında filamentlerin iplik içindeki yerleşimlerini ve ilmek yapılarını inceleyebilmek amacıyla Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarları'nda bulunan bir optik mikroskop kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

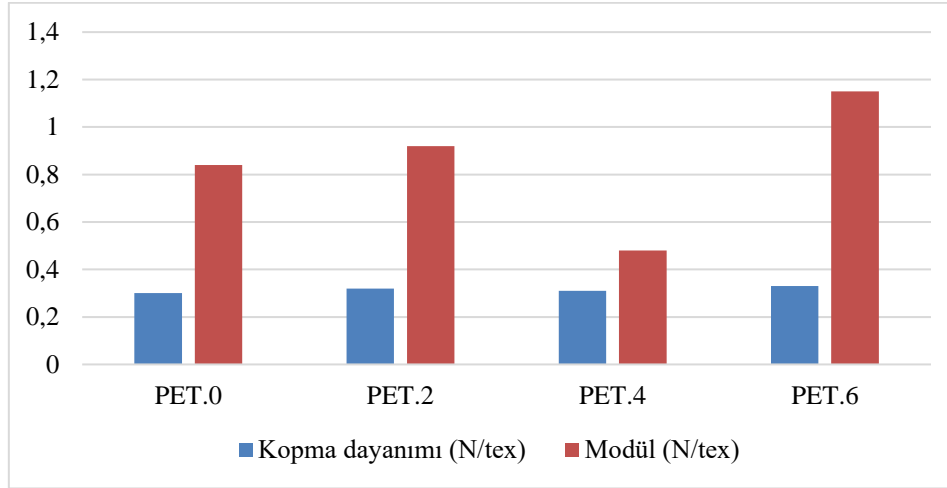
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

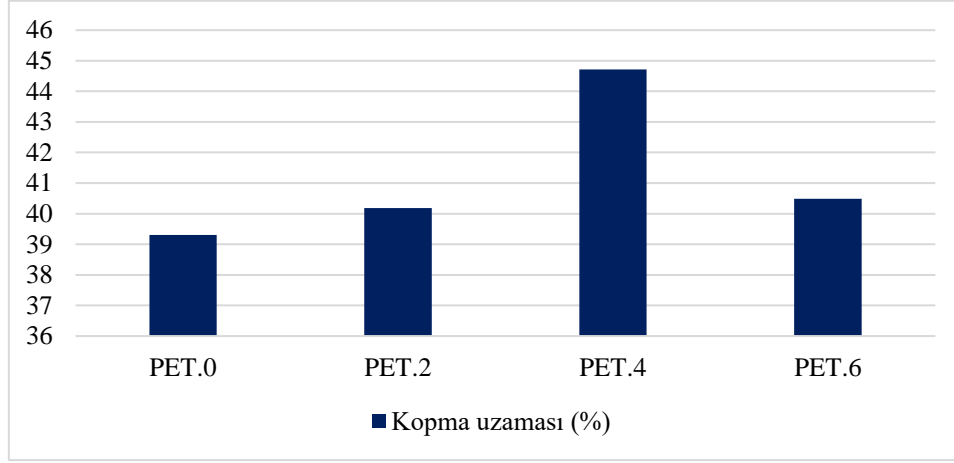
Çekme deneyi sonuçları Tablo 2 ve Şekil 1’de, optik mikroskop görüntüleri ise Şekil 2’de verilmiştir. Çekme deneylerini, hava-jetli tekstüre iplik yapısında bulunan ilmeklerin yapısı ve sayısı direkt olarak etkilediği için, bu sonuçlar optik mikroskop görüntüleri ile birlikte yorumlanmıştır.

Tablo 2. Çekme deneyi ve iplik numara tayini sonuçları

İplik Kodu	İplik numarası (tex)	Kopma yükü (N)	Kopma dayanımı (N/tex)	Modül (N/tex)	Kopma uzaması (%)
PET.0	18,89	5,60	0,30	0,84	39,30
PET.2	18,82	5,75	0,32	0,92	40,18
PET.4	18,58	5,65	0,31	0,48	44,72
PET.6	18,52	5,94	0,33	1,15	40,49

Şekil 1. Çekme deneyi sonuçları

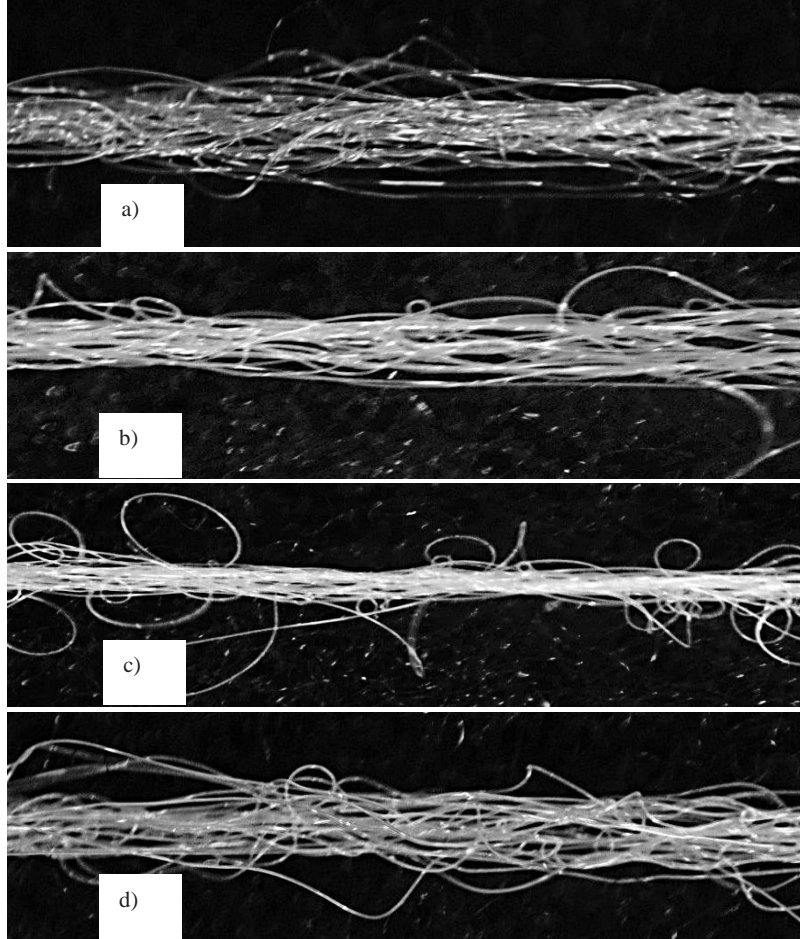




Optik mikroskop görüntüleri incelendiğinde, tüm numunelerde, filamentlerin tekstüre öncesindeki düzenli yerleşiminin bozulduğu ve ipliklerin ilmekli bir yapı kazandığı görülmektedir. Buna ilave olarak, oluşan bu ilmekli yapının, uygulanan mekanik germe oranına bağlı olarak farklılık gösterdiği gözlenmiştir.

Hava-jetli tekstüre işleminde mekanik germe, jetten tekstüre olarak çıkan ipliğin yapısında bulunan, tam ilmek oluşturamamış filamentlerin ortadan kaldırılmasını, geniş yaylar oluşturan filamentlerin ise çekilerek, iplik özüne kenetlenmiş ilmeklerin oluşmasını sağlar. Dolayısı ile ancak doğru seçilen bir mekanik germe oranı hava-jetli tekstüre ipliklerde aranılan ilmekli yapının oluşmasına olanak verir. Bu çalışmada, mekanik germe oranının %0 ve %2 olduğu PET.0 ve PET.2 kodlu numunelerde, uygulanan germe miktarlarının yetersiz kaldığı ve bu iki numunede istenilen ilmek oluşumunun gerçekleşmediği görülmüştür. Mekanik germe oranının %6 olduğu PET.6 kodlu iplikte ise, uygulanan germenin tam ilmek oluşturamamış filamentlerin yanı sıra, ilmek oluşturabilmiş filamentleri de çözdüğü gözlenmiştir. Sonuçta, PET.6’da da istenilen ilmekli iplik yapısının oluşmadığı, filamentlerin çoğunun iplik eksenine nispeten paralel halde kaldıkları tespit edilmiştir. PET.4 kodlu numunede ise, uygulanan germe oranının hava-jetli tekstüre ipliklerden beklenen ilmekli yapının oluşmasına olanak verdiği gözlenmiştir.

Şekil 2. Hava-jetli tekstüre ipliklere ait optik mikroskop görüntüleri; a)PET.0, b)PET.2, c)PET.4, d)PET.6



Çekme deneyi sonuçları incelendiğinde ise en yüksek çekme dayanımı ve modül değerini PET.6'nın, en düşük değerleri ise PET.4'ün verdiği görülmektedir. Filamentler iplik eksenine göre ne kadar düzenli yerleşirlerse, ipliğe uygulanan yükün taşınmasına o kadar katkıda bulunurlar. Bu da o ipliklerin çekme dayanımlarının ve modül değerlerinin artmasına neden olur. PET.6'da yüksek mekanik germenin etkisiyle ilmekli hava-jetli tekstüre iplik yapısının deforme olduğu, en çok ilmekli yapının ise PET.4'de bulunduğu optik mikroskop görüntülerinde gözlenmiştir. Çekme deneylerinde elde edilen bu sonuç optik mikroskop görüntüleri ile uyumludur.

Hava-jetli tekstüre ipliklerin çekme deneylerinde gösterdiği kopma uzaması değerleri, her bir filamentin kendi uzama davranışı ve bu filamentlerin tekstüre işlemi sonrasında oluşturdukları ilmek yapısı ve kararlılığının bir bütünüdür. İlmekler iplik merkezine sıkıca bağlanmış ve filamentlerin uzamalarını kısıtlıyor ise tekstüre ipliğin kopma uzaması değerlerinde bir azalma gözlenir. İlmeklerin uygulanan kuvvetin etkisiyle kolay açıldığı durumlar ise kopma uzaması değerlerinde artışa neden olur. Bu çalışmada en yüksek kopma uzaması değerini PET.4 kodlu numunenin verdiği gözlenmiştir. Bu durum, PET.4'ün en ilmekli iplik yapısına sahip olan numune olması ile açıklanabilir. Çekme deneyi sırasında numuneye uygulanan kuvvetler altında ilmekler çözülerek ipliğin etkin uzunluğunu arttırmış ve böylece kopma uzaması değerlerinin de artmasına neden olmuştur.

3. SONUÇ

Bu çalışmanın amacı, hava-jetli tekstüre işleminde, mekanik germe oranının PET iplik özellikleri üzerine olan etkilerinin incelenmesidir. Bu amaçla, 4 farklı mekanik germe oranında üretilen hava-jetli tekstüre PET iplikler çekme deneyleri ve optik mikroskop yardımı ile incelenmiştir. Sonuçta, mekanik germe oranının üretilen hava-jetli tekstüre ipliğin ilmekli yapısını belirgin bir şekilde etkilediği görülmüştür. Düşük mekanik germe oranlarında hava-jetli tekstüre iplikten beklenen ilmekli yapının oluşmadığı, yüksek germe oranlarında ise iplik yapısının deforme olduğu tespit edilmiştir. Çekme deneyi sonuçlarında, numunelerin mekanik özellikleri arasında çok az bir farkın olduğu gözlenirse de optik mikroskop görüntüleri elde edilen ipliklerin ilmekli yapılarının birbirlerinden belirgin bir şekilde farklı olduğunu göstermiştir. Bu çalışma, hava-jetli tekstüre işleminde mekanik germe oranının tekstüre iplik yapısını direkt olarak etkilediğini ve üretilen ipliklerin mutlaka optik mikroskop yardımı ile de incelenmesinin gerekli olduğunu göstermiştir.

4. KAYNAKÇA

- Acar, M. (1984) Analysis of the air-jet texturing process and development of improved nozzles, Ph.D. Thesis, Loughborough University of Technology, UK.
- Acar, M., Bilgin S., Versteeg, H.K., Dani, N. ve Oenham W. (2009) The Mechanism of the Air-jet Texturing: The Role of Wetting, Spin Finish and Friction in Forming and Fixing Loops, *Textile Research Journal*, 76:116-125.
- Demir, A. (2006) Sentetik Filament İplik Üretim ve Tekstüre Teknolojileri, İstanbul.
- Hearle, J.W.S., Hollick, L. Ve Wilson, D.K. (2001) *Yarn Texturing Technology*, Woodhead Publishing Limited, England.
- Koç, S.K. (2008) Kauçuk Kompozitlerde Poliester Lif Takviyesinin Kauçuğa Yapışma Özelliklerinin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Koç, S.K., Düzyer, Ş. ve Hockenberger, A. (2015) A New Approach to Determination of the Instability of Air-jet Textured Yarns. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 10(1):152-157.
- Scheirs, J. (2003) *Modern Polyesters: Chemistry and Technology of Polyesters and Copolyesters*, Wiley Series in Polymer Science, John Wiley & Sons, Sussex, England.

CAM VE KARBON ELYAF TAKVİYELİ 6063-T5 AL TÜPÜN ENERJİ ABSORBE ETME KABİLİYETİNİN VE DEFORMASYON DAVRANIŞI DENEYSSEL İNCELENMESİ

Arş. Gör. Muhammet Muaz YALÇIN

Sakarya Üniversitesi

Prof. Dr. Kenan GENEL

Sakarya Üniversitesi

Özet: Metalik tüplerin aksel kuvvetler altında absorbe ettikleri enerji değerlerinin artırılması amacıyla dışarıdan takviye edilmesi sıklıkla başvurulan yöntemler arasındadır. Bu çalışmada 6063-T5 alüminyum tüplerin farklı elyaf türleri kullanılarak takviye edilmesi durumunda değişen deformasyon davranışı ve enerji absorbe etme kabiliyeti incelenmiştir. Tüpler CNC’de işlenerek 58 mm çap ve 1,5 mm cidar kalınlığına sahip olacak şekilde imal edilmiştir. Takviye elemanı olarak sırasıyla 300 g/m² ve 200 g/m² yoğunluklara sahip twill dokuma cam elyaf ve plain dokuma karbon elyaf kullanılmıştır. Deneysel çalışmada, aksel yük altında düzgün modda katlanan takviyesiz tüplerin, takviye durumunda elyaf türünden bağımsız olarak elmas modda katlandığı ve özellikle deformasyon başlangıcında oluşan ilk pik kuvvet değerinin önemli oranda yükseldiği gözlenmiştir. Elyaf sarım sayısı sabit tutularak tüp cidar kalınlığının artırılması durumunda ise il pik kuvvet değerindeki artışın daha az olduğu, buna mukabil ortalama kuvvetin ciddi oranda arttığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak elyaf türüne bağlı olarak, uygun bir sarım sayısı ile pik kuvvet değerinin istenen seviyelere çekilmesi mümkün olacağı anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: cam elyaf, karbon elyaf, alüminyum, metalik tüp

Experimental Investigation of Energy Absorbtion Capability and the Deformation Behaviour of Carbon and Glass Fiber Reinforced 6063-T5 Al Tube

Abstract: In order to increase the energy values that metallic tubes absorb under axial forces, reinforcement from the outside is frequently used. In this study, changing deformation behaviour and energy absorbing ability of 6063-T5 aluminium tubes were investigated by using different fibre types.

Tubes are machined in CNC with 58 mm diameter and 1.5 mm wall thickness. Twill woven glass fibre and plain woven carbon fibre with densities of 300 g/m² and 200 g/m² were used as reinforcement elements respectively. In the experimental study, it was observed that the reinforcing tubes which folded in smooth mode under axial load were folded in diamond mode independently of the fibre type in the reinforcement, and the first peak force value which occurred at the beginning of deformation was observed to increase significantly. In case of increasing the tube wall thickness by increasing the number of fibre winding, it is determined that the increase in the peak force value of the province is less and the corresponding average force increases significantly. As a result, it is understood that depending on the fibre type, it is possible to draw the peak force value to the desired levels with a suitable number of winding.

Keywords: glass fiber, carbon fiber, aluminium tube, axial crushing

1. GİRİŞ

Metalik tüp yapılar, hafiflik ve dayanımın ön planda olduğu birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Yüksek oranda enerji absorbe etme kabiliyetleri, bu ihtiyacın büyük oranda hissedildiği otomotiv gibi sektörlerde kullanılmalılarını kaçınılmaz kılmaktadır. 1960 yılında yapılan ve ince cidarlı tüplerle kolonların aksel yük altındaki davranışlarının teorik olarak incelendiği çalışma bu alanda yapılmış en kapsamlı ilk çalışmalardan sayılabilir (Alexander, 1960). Takip eden zaman zarfında çok farklı numune ve çalışma şartı kombinasyonlarında çok sayıda çalışma yapılmış olmasına rağmen, farklı yaklaşımlarla yapılmış yeni çalışmalarla halen güncelliğini korumaktadır.

Metalik tüplerin absorbe ettikleri enerji, birçok farklı parametreye dayanmaktadır. Bu kapsamda yapılan çalışmalarda bu parametrelerin, tüp yapının dairesel veya çok kenarlı kesitte olması (Ahmad, 2009; Jones, 2003; Kavi vd., 2006), çap, et kalınlığı, uzunluk gibi ölçüleri (Guillow vd., 2001), statik, dinamik veya aksel, açılı gibi kuvvetin uygulanma biçimi (Al Galib ve Limam, 2004; Djameluddin vd., 2015) olduğu görülmektedir. Bu çalışmalar ek olarak metalik yapının enerji absorbe etme kabiliyetinin artırılabilmesi amacıyla dışarıdan farklı özelliklerdeki malzemelerle takviye edildiği de anlaşılmaktadır. Tüp yapının cam (Thornton, 1980) veya karbon (Bambach, 2010; Xi ve Liu, 2018) elyaf ile takviye edilme durumları incelenmiştir. Bu çalışmalarda takviye durumuyla değişen deformasyon davranışı ve absorbe edilen enerji değerlerinin yanı sıra, birim ağırlık başına düşen enerji olan özgül enerji değerleri de incelenmiştir.

Bu çalışmada cam ve karbon elyaf kullanılarak dışarıdan takviye edilen 6063-T5 alüminyum tüplerin, deformasyon davranışları, absorbe edilen enerji değerleri ve özgül enerji absorbe etme kabiliyetleri, deneysel olarak incelenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Alüminyum tüpün deformasyonu

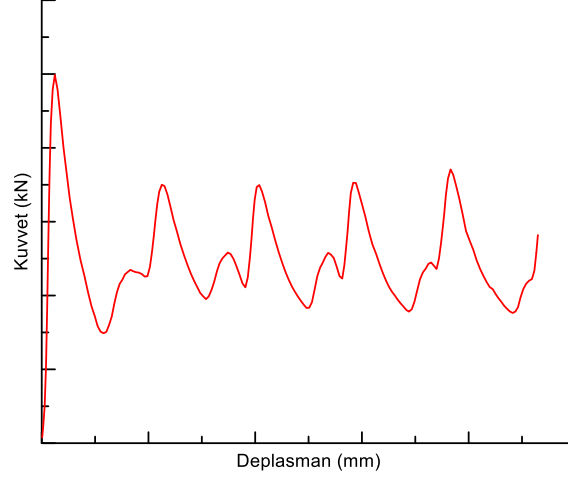
Eksenel yük altındaki metalik yapılar kendi cidarları üzerinde farklı modellerde katlanarak deforme olmaktadır. Katlanma modelleri yapının çap/boy ve çap/cidar kalınlığı gibi oranlarına bağlı olarak değişmektedir. Şekil 1’de simetrik ve elmas modellerde katlanmış numunelerin deney sonrası görüntüleri verilmiştir. Ayrıca tüp uzunluğunun fazla olması, tüp yapının katlanmadan burkulmasına sebep olmaktadır. Geometrik düzgünlükler veya kuvvetin kesitte homojen dağılmaması gibi durumlar neticesinde, simetrik katlanma sergilemesi gereken yapının elmas katlanma sergilediği görülebilmekte iken bazen simetrik modelde başlayan katlanmanın elmas modda devam ettiği de görülmektedir.

Şekil 1. Eksenel yük altındaki alüminyum tüpte oluşan farklı katlanma modelleri



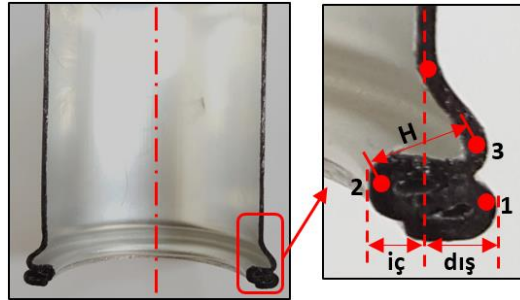
Eksenel yük altında simetrik katlanma sergileyen alüminyum tüpe ait karakteristik bir kuvvet-deplasman eğrisi Şekil 2’de verilmiştir. Genel olarak kuvvet eğrisi, üst ve alt kuvvet değerleri arasında salınım yapan bir formdadır. Burada üst kuvvet değerlerinin ilk kat ve yığılmanın gerçekleştiği son kat dışında yaklaşık eşit değerlerde olduğu görülmektedir. İlk katlanmadaki pik kuvvet, öncesinde tüp cidarında herhangi bir hasarın bulunmadığından, tüm cidarın uygulanan yüke direnç göstermesi sebebiyle diğer üst kuvvetlerinden daha yüksek olmaktadır. Sonraki katlar, bir önceki katta oluşan cidar yönlenmesi nedeniyle daha düşük üst kuvvetlere sahip olmaktadır.

Şekil 2. Simetrik modelde katlanan tüpe ait karakteristik bir kuvvet-deplasman eğrisi



DeneySEL çalışmalarında 58 mm çapa, 1,5 mm et kalınlığına ve 100 mm uzunluğuna sahip alüminyum tüpler kullanılmıştır. Tüpler aksenal yük altında simetrik modelde katlanmaktadır. Şekil 3'te bir tam kat oluşmuş numunenin deney sonrasında ait boyuna kesit görüntüsü verilmiştir. Kesit incelendiğinde bir katın tamamlanması, 1-2 ve 2-3 uzunluklarından oluşan iki yarım kat (H) uzunluğunun 2 noktasındaki hayali bir mafsal etrafında hareket ederek birbiri üzerine oturması ile gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Tüp cidarındaki kesikli kırmızı çizgi deformasyon öncesi ortalama eksenini göstermektedir. Görülebileceği üzere kat boyunun bir kısmı ortalama eksenin içinde kalmaktadır. Dolayısıyla tüp cidarının içeri yönlendirme durumunun, kullanılacak bir takviye elemanı ile kısıtlanmasının absorbe edilen enerji değerini artıracakını göstermektedir.

Şekil 3. Aksenal yük altındaki alüminyum tüpte katlanma oluşumu



2.2. Malzeme Özellikleri ve Numune Hazırlanması

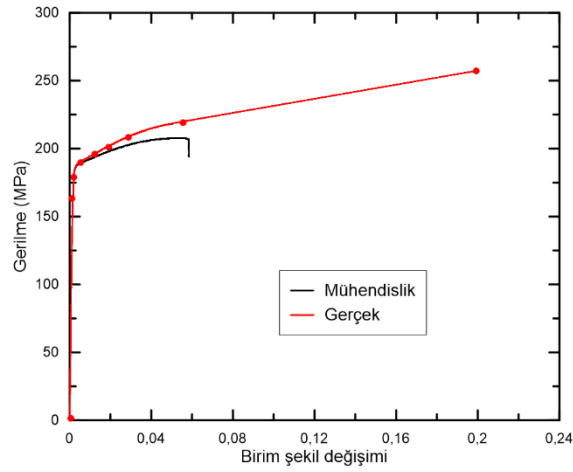
6063-T5 alüminyum alaşımından imal edilen tüp yapının mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla Instron marka cihazda çekme deneyi yapılmıştır. Deney numuneleri, 25 mm'den büyük çaplı borular için belirlenen ASTM-E8/E8M-09 standardına göre hazırlanmıştır (Şekil 4).

Şekil 4. Alüminyum borudan çıkarılmış çekme numunesi



Deneysel çalışmada kullanılan alüminyum tüplerin elastiklik modülü $E=69$ GPa, akma dayanımı $\sigma_{ak}=188$ MPa, çekme dayanımı $\sigma_c=212$ MPa olarak bulunmuştur. Poisson oranı $\nu=0,33$ ve yoğunluk $\rho=2,7$ g/cm³ değerlerindedir. Alüminyum malzemenin çekme deneyine ait gerilme-birim şekil değişimi eğrisi Şekil 5'te verilmiştir.

Şekil 5. 6063-T5 serisi alüminyum tüpe ait çekme eğrisi



Alüminyum tüplerin çap, cidar kalınlığı ve uzunluğu sırasıyla 58 mm, 1,5 ve 100 mm boyutlarındadır. Tüplerde deney esnasında katlanan bölgelerde çatlamlar olmaması için sertlik değeri yaklaşık 72 HV olarak belirlenmiş ve tüm tüplerin sertlikleri ölçülerek bu değerde olmasına özen gösterilmiştir. Ayrıca alüminyum borular

ekstrüzyon yöntemi ile imal edilmiş olsa da cidar kalınlıkları tüm kesitte homojen olmamakta, bu durum deney sonuçlarında geniş aralıklı sapmalara yol açmaktadır. Bu problemin giderilebilmesi için tüpler, Şekil 6’te görüldüğü üzere CNC dik işleme merkezinde hem içeriden, hem dışarıdan talaş kaldırılarak cidar kalınlığında homojenlik sağlamıştır. Ayrıca aksel yüklemesi esnasında kuvvetin tüm kesite homojen bir şekilde tatbik edilmesi için tüplerin, alt ve üst yüzeyler tornalanarak paralellik sağlanmıştır.

Şekil 6. Alüminyum borulardan talaş kaldırma işlemi



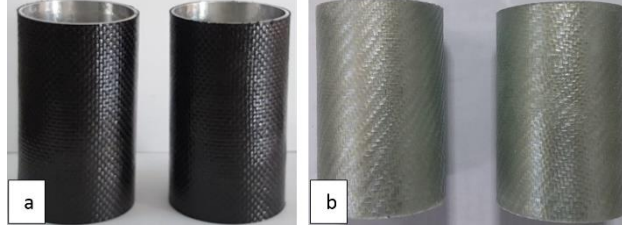
Tüplerin dışarıdan takviye edilmesinde 200 gr/m^2 yoğunluğunda twill dokuma cam elyaf ve 300 gr/m^2 yoğunluğunda plain dokuma karbon elyaf kullanılmıştır. Cam ve karbon elyafların kalınlıkları yaklaşık eşittir. Bu durum aynı sarım sayılarında yaklaşık aynı çap ve cidar kalınlığının elde edilmesi açısından önemli bir husus olarak göz önünde bulundurulmuştur.

2.3. Elyaf takviye modelleri

Takviyeli yapılar, alüminyum tüplerin cam ve karbon elyaflar ile farklı sayılarda sarılması neticesinde elde edilmiştir. Elyafın hazırlanması aşamasında ağırlıkça %40 sertleştirici içeren epoksi reçine kullanılmıştır. Islatma problemi ile karşılaşmamak için epoksi reçine tüm elyaf yüzeyine homojen olarak nüfuz ettirilmiştir. Sarım aşamasına geçilmeden önce gevrekliğe sebep olmaması için elyaf üzerindeki fazla epoksi bir aparat yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Daha sonra tüpler cam elyaf kullanılarak 2 ve 4 kat, karbon elyaf kullanılarak ise 2 ve 3 kat sarılmışlardır.

Numunelerde kırılmanın minimum seviyede tutulması için oda sıcaklığında kütleme tercih edilmiş, ek bir tavlama işlemine gidilmemiştir. Her bir numunede kullanılan karışımın miktarı katman sayına bağlı olarak kontrol edilmiş ve numuneler arasında farklılık oluşmamasına özen gösterilmiştir. Dışarıdan elyaf takviye edilmiş numunenin nihai görünümü Şekil 7’de verilmiştir.

Şekil 7. a) karbon ve b) cam elyaf takviyeli tüplerin deney öncesi görüntüsü



2.4. Deney düzeneği

Alüminyum tüplerin ve dışarıdan elyaf kompozit takviyeli yapıların aksel ezilme deneyleri hidrolik pres yardımıyla yapılmıştır. Şekil 8’de deneysel çalışmada kullanılan 4 kolonlu, 250 kN kapasiteli hidrolik pres verilmiştir. Kuvvet-deplasman çiftine ait veriler deneylerle eş zamanlı olarak 6 veri/s sıklıkla kaydedilmektedir. Ayrıca tüm deneyler video kullanılarak kayıt altına alınmıştır. Deneylerde ilerleme hızı 60 mm/dak olarak belirlenmiştir.

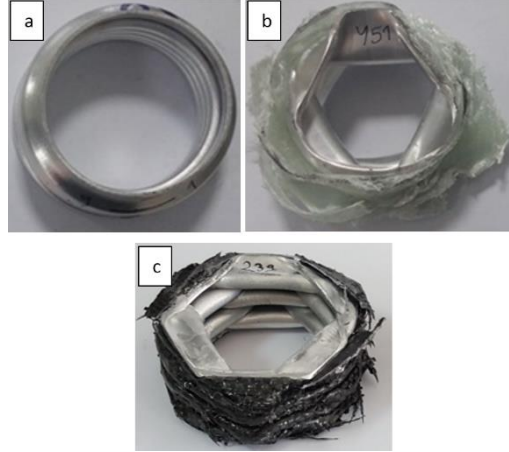
Şekil 8. Deney düzeneği 250 kN kapasiteli hidrolik pres



3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

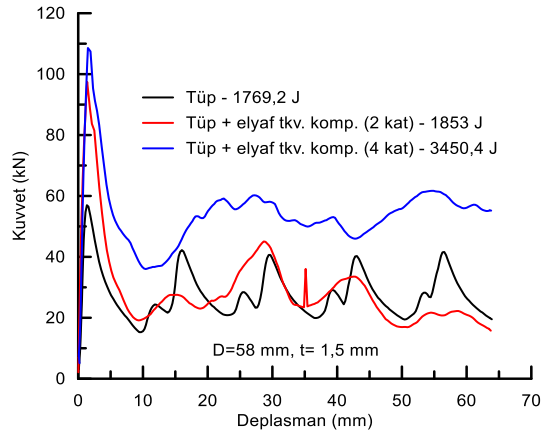
Deney sonuçlarının tekrarlanabilirliği açısından her numune kombinasyonu için en az üç adet deney yapılmıştır. Takviyesiz ve dışarıdan cam ve karbon elyaf sarılmış tüplerin deformasyon sonrası görüntüleri Şekil 9’da verilmiştir. Aksel yük altında simetrik modelde katlanan tüplerin, dışarıya yönelen kat miktarının elyaf takviyesi ile kısıtlanması nedeniyle elmas modelde katlandığı görülmektedir.

Şekil 9. Takviyesiz ve takviyeli tüplerin deney sonrası görüntüleri



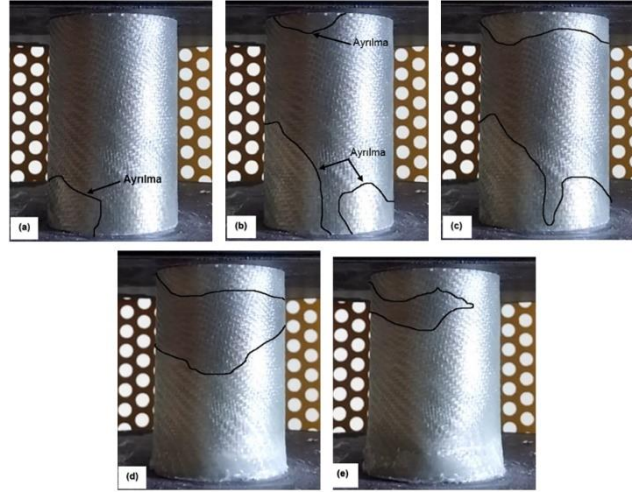
Dışarıdan cam elyaf kullanılarak iki ve dört kat sarım sayısında takviye edilen takviyeli yapılara ait kuvvet-deplasman değerleri Şekil 10’de verilmiştir. Grafikte gereksiz karmaşıklığa neden olmamak için her bir gruba ait sadece bir temsili eğriye yer verilmiştir. Dışarıdan yapılan takviye, tüpün başta F_{maks} değeri olmak üzere ortalama kuvvet değerlerini, beklendiği üzere arttırmaktadır. İlk pik kuvvet değerlerinin takviyesiz tüpe göre iki ve dört kat sarım durumlarında sırasıyla %68 ve %89 oranlarında arttığı hesaplanmıştır. Ortalama kuvvet değerlerinin ise iki kat sarım durumunda neredeyse takviyesiz tüple aynı değerlerde olduğu görülmüştür. Ancak dört kat sarım sayısında ortalama kuvvet değerinin yaklaşık iki kat arttığı gözlemlenmiştir.

Şekil 10. Takviyesiz, iki kat ve dört kat cam elyaf takviyeli numunelerin kuvvet-deplasman eğrileri



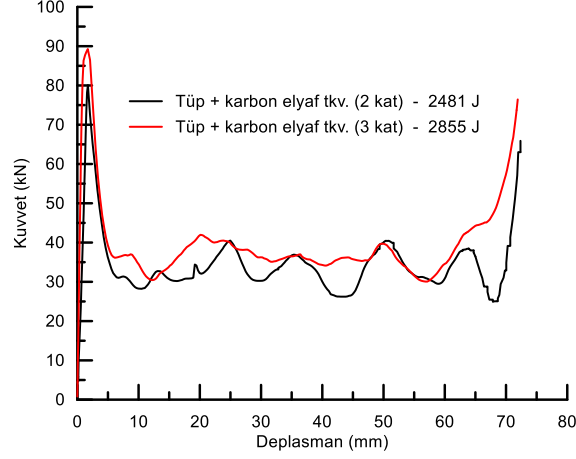
Şekil 11’de iki kat cam elyaf sarılmış alüminyum tüpe ait aksel ezilme deneyinin aşamaları verilmiştir. Şekiller incelendiğinde, cam elyaf ile alüminyum tüpün ara yüzlerinde aksel kuvvet etkisinde ayrılmanın başladığı ve devam eden deney sürecinde tüm kesite yayıldığı görülmektedir. Dahası bu tür takviyenin çok küçük deplasman değerlerinde hasarlandığı, bununla birlikte daha çok metal tüpün elastik kararlılığını katkı sunduğu dikkat çekmektedir. Dolayısıyla cam elyafın deney başladıktan kısa bir süre sonra tüp yapının kuvvet değerine katkı sağlama durumu ortadan kalkmaktadır. Bu durum iki kat sarım sayısında ilk pik kuvvet değerinin çok yüksek olmasına rağmen ortalama kuvvet değerlerinin neden aynı oranda artmadığını ortaya koymaktadır.

Şekil 11. Cam elyaf takviyeli tüpün aksel yük altındaki deformasyon aşamaları



Karbon elyafın takviyesinde cam elyaftakine benzer şekilde, ıslatma problemi olmayacak şekilde ve fazla epoksi uzaklaştırılarak tüpler sarılmıştır. Şekil 12’de bu numunelere ait kuvvet-deplasman eğrileri görülmektedir. Eğriler incelendiğinde 3 kat sarımda ilk pik kuvvetin daha yüksek olması dışında ortalama kuvvette çok fazla farklılık yoktur. Her iki numunenin de ilk pik kuvvetinin takviyesiz yapının çok üstünde olduğu ancak iki kat sarımın tetiklemeyle daha düşük seviyelere çekilmesinin daha isabetli olacağı düşünülmüştür. Ayrıca yaklaşık aynı ortalama kuvvet ve enerji değerine sahip numuneler için daha düşük ağırlıktaki iki kat sarım durumunun tercihe dilmesi daha verimli görülmektedir.

Şekil 12. İki kat ve üç kat karbon elyaf takviyeli numunelerin kuvvet-deplasman eğrileri



Şekil 13’de iki ve üç kat karbon elyaf sarılmış tüplerin aksenal ezme sonrası görüntüleri verilmiştir. Katlanma davranışlarının her iki numune içinde benzer olduğu görülmektedir. Ancak üç kat elyaf sargılı tüplerle yapılan bazı deneylerde, elyaf ve tüp yüzeyindeki etkileşimin iki kat sarımlı numunelere göre daha yüksek olup, alüminyum tüpte yırtılma olduğu görülmüştür. Bu durum iki kat elyaf sarılı tüplerin tercih edilmesi için bir başka sebep olmuştur.

Şekil 13. Farklı sarım sayılarındaki karbon elyaf takviyeli tüplerin deney sonrası görüntüsü



Takviyesiz tüp yapı ve cam ve karbon elyaflar ile farklı sarım sayılarında yapılmış takviye numune kombinasyonlarına ait ortalama ve maksimum kuvvet değerleri ile bu numunelerin ağırlıkları verilmiştir. Ayrıca absorbe edilen enerji değerlerinin numune ağırlıklarına oranıyla elde edilen özgül enerji değerleri de verilmiştir. Takviye durumlarında göz önünde bulundurulması gereken en önemli parametrelerden birisinin de özgül enerji değeri olduğu göz önünde bulundurulursa en verimli modelin 4 kat cam elyaf sarımıyla elde edilen numune olduğu söylenebilir. Bu numune için özgül enerji değerinde yaklaşık %35 oranında artış sağlanmıştır. Ancak ilk

pik kuvvetin ve numune ağırlığının çok yüksek olması nedeniyle üç kat karbon elyaf sarım sayısına sahip numunenin kullanılması daha makul görülmektedir.

Tablo 1. Takviyesiz ve farklı takviye kombinasyonlardaki numunelere veriler

Takviye durumu	Kombinasyon	F _{maks} (kN)	F _{ort} (kN)	Enerji (J)	Ağırlık (gr)	ÖEA (J/gr)
Takviyesiz	Tüp	56,02	27,25	1769	72	24,94
Dışarıdan takviye	2 kat cam elyaf tkv.	98	24,71	1853	85	21,80
	4 kat cam elyaf tkv.	109	46,00	3450	103	33,49
	2 kat karbon elyaf tkv.	80,08	33,08	2481	88	28,20
	3 kat karbon elyaf tkv.	89,25	38,7	2855	94	30,72

4. GENEL SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada iki farklı elyaf türü kullanılarak dışarıdan takviye edilmiş 6063-T5 alüminyum alaşımından üretilmiş tüplerin enerji absorbe etme kabiliyetleri ve özgül enerji değerleri incelenmiştir. Tüpün dışarıdan takviyesinde cam ve karbon elyaflar kullanılmıştır. her iki elyaf türü için de farklı sarım sayıları ile enerji değerlerinin ve özgül enerji değerlerinin değişimi incelenmiştir. Dışarıdan yapılan takviye durumunda, takviyesiz tüp yapıda oluşan simetrik katlanma modelinin elmas modelde olduğu görülmüştür. Ayrıca elyaf türü fark etmeksizin ilk pik kuvvet değerinde ciddi oranda artış olduğu ancak ortalama kuvvet üzerindeki artışın daha yüksek sarım sayılarında elde edildiği tespit edilmiştir. Bu durum cam elyaf takviyeli numunelerde düşük sarım sayılarının, ağırlık artışının enerji değerinden daha baskın olduğunu göstermiştir. Özgül enerji açısından en verimli model dört kat sarım sayısına sahip cam elyaf takviyeli numunede elde edilmiştir. Sonuç olarak ilk pik kuvvet değerinin düşürülebileceği tetiklenmiş bir numunede dört kat cam elyaf sarım sayısının daha verimli bir enerji absorbe edici sistem tasarımı olması muhtemel gözükmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma; TÜBİTAK 115M583 nolu Bilimsel Araştırma Projesi tarafından desteklenmiştir. Yazarlar ayrıca, çalışmalara katkılarından dolayı SAÜ Mühendislik Fakültesi laboratuvarı personeline teşekkür etmektedir.

REFERANSLAR

- Ahmad, Z. (2009). Impact and energy absorption of empty and foam-filled conical tubes Doctoral dissertation, Queensland University of Technology, Australia.
- Al Galib, D., & Limam, A. (2004). Experimental and numerical investigation of static and dynamic axial crushing of circular aluminum tubes. *Thin-Walled Structures*, 42(8), 1103–1137. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2004.03.001>
- Alexander, B. J. M. (1960). An approximate analysis of the collapse of thin cylindrical shells under axial loading. *Quarterly Journal of Mechanics and Applied Mathematics*, 13(1), 10–15.
- Bambach, M. R. A. (2010). Thin-Walled Structures Axial capacity and crushing of thin-walled metal , fibre – epoxy and composite metal – fibre tubes. *Thin Walled Structures*, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2010.01.006>
- Djamaluddin, F., Abdullah, S., Arif, A. K., & Nopiah, Z. M. (2015). Thin-Walled Structures Optimization of foam- fi lled double circular tubes under axial and oblique impact loading conditions, 87, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2014.10.015>
- Guillow, S. R., Lu, G., & Grzebieta, R. H. (2001). Quasi-static axial compression of thin-walled circular aluminium tubes. *International Journal of Mechanical Sciences*, 43(9), 2103–2123. [https://doi.org/10.1016/S0020-7403\(01\)00031-5](https://doi.org/10.1016/S0020-7403(01)00031-5)
- Jones, N. (2003). Several phenomena in structural impact and structural crashworthiness, 22, 693–707. [https://doi.org/10.1016/S0997-7538\(03\)00077-9](https://doi.org/10.1016/S0997-7538(03)00077-9)
- Kavi, H., Toksoy, A. K., & Guden, M. (2006). Predicting energy absorption in a foam-filled thin-walled aluminum tube based on experimentally determined strengthening coefficient. *Materials & Design*, 27(4), 263–269.
- Thornton, P. (1980). Energy Absorption by Foam Filled Structures. *SAE International, SAE Techni*. <https://doi.org/doi:10.4271/800081>
- Xi, J., & Liu, X. (2018). Investigation of the tensile performance and failure mechanism of carbon – aramid hybrid fibers / epoxy sandwich structure laminates using the UV-thermal synergetic curing mechanism : Experimentation and simulation, (220). <https://doi.org/10.1177/1099636218803416>

BİNALARDA OPTİMUM YALITIM KALINLIĞININ BELİRLENMESİ VE GERİ ÖDEME SÜRELERİ: MARMARA BÖLGESİ ÖRNEĞİ

Öğr. Gör. Dr., Hande UFAT
Bursa Uludağ Üniversitesi

ÖZET: Günümüzde kullanılan enerjinin büyük bir kısmını karşılayan fosil yakıtların tükenebilir enerji kaynakları olması nedeniyle, enerji tasarrufu konusu oldukça önemlidir. Enerji kaynaklarının pahalılaşması, rezervlerin her geçen gün azalmasıyla birlikte ülkemizde doğacak bir enerji dar boğazından minimum düzeyde etkilenmek için ısı enerjisi tasarrufu yapılması zorunlu olmaktadır. Bina dış duvarlarında yapılacak ısı yalıtım uygulamaları, yakıt tüketimini düşürerek enerji tasarrufu sağlamaktadır. Bu çalışmada, Marmara Bölgesinde yer alan en soğuk ve en sıcak illerde (Balıkesir, Bilecik) ömür maliyet analizi yöntemi kullanılarak, farklı yalıtım malzemeleri (polistren, taş yünü) için optimum yalıtım kalınlığı ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak optimum yalıtım kalınlığı Balıkesir ve Bilecik için sırasıyla taş yünü için 3.88 cm- 4.64 cm, Polistren için 6.73 cm-7.75 cm olarak hesaplanmıştır. Geri ödeme süresinin iller arasında yalıtım malzemesine göre 6.74 - 11.54 yıl arasında değiştiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Optimum yalıtım kalınlığı, Termoekonomik analiz, taş yünü, polistren

Determination of Optimum Insulation Thickness in Buildings and Payback Periods: Marmara Region Example

ABSTRACT: Energy savings is very important due to fact that fossil fuels, which meet most energy used today, are exhaustible resource. As energy resources become more expensive and reserves are decreasing day by day, it is necessary to save heat energy in order to be affected at a minimum level by an energy bottleneck in our country. Applying heat insulation to external walls of buildings reduce energy consumption and provide energy savings. In this study, optimum insulation thickness and payback periods for different insulation materials (polystyrene, rock wool) were calculated by using life-cycle cost analysis method in the coldest and hottest cities in Marmara Region (Balıkesir, Bilecik). The results show that the optimum thermal insulation thicknesses vary between 3.88 cm – 7.75 cm for total annual (heating + cooling) energy

depending on the city. The payback periods in these cities vary between 6.74 - 11.54 years when considering the total annual energy requirements.

Keywords: Optimum insulation thickness, Thermo-economic analysis, Stonewood, Polystyrene

GİRİŞ

Nüfusun artması, kentleşme, büyük şehirlere göç ve yaşam standartlarının iyileşmesiyle dünya genelinde enerji tüketimi oldukça artmıştır. Özellikle endüstri, ulaşım, inşaat ve ziraat alanlarında enerji tüketimi oldukça fazladır (Pargana vd., 2014; Kayfeci vd., 2013). Enerji tüketimi kaçınılmaz olmakla birlikte bu enerji daha verimli bir şekilde kullanılabilir veya yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelenebilir.

Türkiye'nin enerji ihtiyacı her yıl giderek artmaktadır ve bu enerji ihtiyacının çoğu ithal edilmektedir. Bu sebepten dolayı enerjiyi tasarruflu kullanmak oldukça önem taşımaktadır (Uçar ve Balo 2010; Kaynaklı 2012). Dünya çapında ve ülkemizde de tüketilen enerjinin %50 civarı binalarda kullanılmaktadır. Bu enerjinin büyük kısmı ısıtma ve soğutmada tüketilmektedir (Pargana vd., 2014; Kaya vd., 2016; Uçar, 2010). Binaların bulunduğu iklim zonunun ve kullanılan yalıtım malzemesiyle kalınlığına bağlı olmakla birlikte, binalarda yalıtım uygulamasının %40'lara varan enerji tasarrufu sağladığı çalışmalarda görülmektedir (Kaya vd. 2016).

Bu verilere baktığımızda termal korumanın, enerji tasarrufundaki rolü oldukça açıktır. Binalar yalıtılırken dış ortam şartlarına ve iç ortamın termal özelliklerine dikkat edilmelidir. Yalıtım kalınlığı arttıkça yalıtım maliyeti artar ve buna bağlı olarak soğutma maliyetleri düşer. Benzer şekilde optimum yalıtım kalınlığında yakıt maliyetleri de minimum olacaktır. Bu sebepten dolayı optimum yalıtım kalınlığından daha fazla kalınlıkta yalıtım yapmak sadece yalıtım giderini arttıracak, ek bir enerji tasarrufu sağlamayacaktır (Kayfeci vd. 2013).

1. ISI YALITIMININ ÖNEMİ VE TÜRKİYE'DEKİ UYGULAMALARI

1.1. Türkiye'de Yalıtım Uygulamaları

Türkiye'de yalıtım ile ilgili resmi olarak ilk kez 1970 yılında "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları"nın hazırlanmış olduğu görülmektedir. Ancak yönetmeliğin uygulanması ile ilgili herhangi bir zorunluluk getirilmemiştir. Daha sonra arada çeşitli çalışma ve düzenlemeler yapılmış ve ancak 14.06.2000 tarihinden itibaren TS 825 standardı zorunlu standart olarak, yeni yapılacak binalarda uygulanmaya başlamıştır. Bu tarihten itibaren mevcut binalarda herhangi bir yasal uygulamaya gidilmemiş, ancak uygulanan tüm yapıların ısı yalıtım proje hesaplarında bu standarttaki kurallara uyulması zorunlu hale getirilmiştir. (Sezer, 2005; Bektaş, vd. 2017). 2011

yılından itibaren yeni yapılan binalarda “Enerji Kimlik Belgesi” çıkarılması zorunlu hale getirilmiştir.

1.2. Isı Yalıtımının Faydaları

Isı yalıtımına sadece bireysel anlamda bir enerji tasarrufu olarak bakmamak gerekir. Ülke ekonomisine direk katkı sağlayan bir uygulamadır. Enerji olarak çok fazla dışa bağımlı olan bir ülke olarak ne kadar enerji tasarrufu sağlarsak ülke ekonomisine de o kadar katkı sağlarız.

Isı yalıtımının başlıca faydaları; (Bektaş vd., 2017)

- Yapılarda ısı yalıtımı uygulamaları ile binalarda kullanılan enerji miktarları azaltılabilir, dolayısıyla enerji tasarruflı binalar üretilebilir.
- Doğru ısı yalıtım uygulamaları ile harcadığımız enerji miktarı her yıl azalır.
- Isı yalıtımı, binalarda meydana gelen ısı köprülerinin oluşmasını engeller.
- Isı yalıtımı yapılmış evlerde, ısı dengeli şekilde yayıldığından yoğunlaşma ve hava akımı gibi istenmeyen durumlar meydana gelmez ve konforlu ortamlar oluşur.
- Küf ve nem oluşumunun önüne geçerek sağlıklı ve iç hava kalitesi yüksek ortamlar meydana gelmesine yardımcı olur.
- Bina cephesi dış etkenlere karşı korunur ve korozyonun önüne geçilmiş olur.
- Yakıt tüketiminin azalmasıyla çevreye salınan zararlı gazlar azalır.

1.3. Konutlarda Uygulanan Dış Duvar Isı Yalıtım Sistemleri

Konutlarda ısı kayıpları en çok dış duvarlar, pencereler, çatı ve zeminde meydana gelmektedir. Isı kayıplarının oranları binaların mimarisi, bulunduğu bölgesi, konumu, ısı yalıtım durumu ve ısı yalıtımında kullanılan malzemeye göre değişiklik göstermektedir.

Gelişen teknoloji ile birlikte günümüzde duvarlar, tek bir katmandan oluşabilir veya içerisinde yalıtım malzemesi barındıran, birden fazla katmandan oluşan bir yapı elemanı olarak da ele alınabilmektedirler. Yalıtım malzemeleri; su, ısı ve yangına karşı korunum sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Yalıtım malzemesi seçerken kullanılacak yerin özelliklerine bakılması gerekir.

Ülkemizde sıklıkla lifli ve köpük malzemeler tercih edilmektedir. Lifli malzemeler; taş yünü ve cam yünü gibi mineral yünler ve ahşap yünü, köpük malzemeler ise; genleştirilmiş polistren köpük (EPS) ve haddeden çekilmiş polistren köpük (XPS) gibi polistren köpükler ve poliüretan köpükler olmaktadır. Dış duvarlarda kullanılacak yalıtım malzemelerini nemle temas ettiğinde mahalın yapısını olumsuz

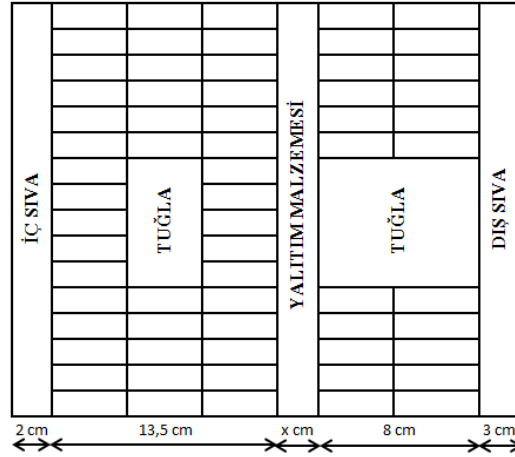
yönde etkilemeyen ve yalıtım özelliğinde bir değişiklik olmayan malzemelerden seçmek gerekmektedir.

Günümüzde Türkiye’de dış duvarlardaki yalıtım, ısı yalıtım malzemesinin konumuna göre 4 farklı sistemde uygulanmaktadır: (Sezer, 2005).

- Duvarların Dış Yüzeyine Yapılan Isı Yalıtım Uygulamaları (Mantolama)
- Duvarların İç Yüzeyine Yapılan Isı Yalıtım Uygulamaları
- Çift Duvar Arası Isı Yalıtım Uygulamaları (Sandviç Duvar)
- Havalandırılmalı Dış Duvar Yalıtım Uygulamaları (Giydirme Cephe Sistemi)

2. SEÇİLEN DIŞ DUVAR TİPİNİN YAPISI VE HESAPLAMALARDA KULLANILAN PARAMETRELER

Yapılan çalışmada sandviç duvar uygulaması ele alınmış ve yalıtım malzemesi olarak da sıkça kullanılan edilen polistren ve taşyünü seçilmiştir.



Şekil 1 Seçilen Duvar Yapısı

Şekil 1’de yapılan çalışma için seçilen duvar yapısının şekli görülmektedir. Duvar yapısı 2 cm iç siva, 13.5 cm tuğla, yalıtım malzemesi, 8 cm tuğla, 3 cm dış sıvadan oluşmaktadır.

Çalışmamızda optimum yalıtım kalınlığı hesaplamalarında taş yünü, polistiren malzemeleri kullanılacak olup bu yalıtım malzemelerinin Marmara Bölgesi için optimum yalıtım kalınlığı ve yaşam döngüsü maliyet analizine göre geri ödeme süreleri hesaplanmıştır.

Seçtiğimiz duvar tipinin yapısındaki malzemeler ile hesaplamalarda kullanılan farklı yalıtım malzemelerine ait değerler Tablo 1 'de görülmektedir.

Tablo 1 Seçilen Duvara Ait Hesaplamalarda Kullanılan Parametreler

Parametreler	Değer
Duvar Yapısı	
2 cm İç Sıva	$k = 0.87 \text{ W/mK}$
13.5 cm Tuğla	$k = 0.45 \text{ W/mK}$
x cm Yalıtım Malzemesi	$k = 0.035 \text{ W/mK}$ (Polistren)
	$k = 0.040 \text{ W/mK}$ (Taşyünü)
8 cm Tuğla	$k = 0.45 \text{ W/mK}$
3 cm Dış Sıva	$k = 0.87 \text{ W/mK}$
İç Isı Taşınım Katsayısı	$h_i = 8.29 \text{ W/m}^2\text{K}$
Dış Isı Taşınım Katsayısı	$h_d = 34 \text{ W/m}^2\text{K}$
Yalıtım (Polistiren)	
(Al-Sanea vd,2005;Bollatturk,2008;Daouas,2011)	
Yalıtım (Taş Yünü)	
(Kürekçi vd, 2012)	
Polistren (EPS)	
İletkenlik	$k = 0.035 \text{ W/mK}$ (Kaynaklı, 2013)
Malzeme Maliyeti	142 USD/m ³
Kurulum Maliyeti	4.7339 USD/m ²
Taş Yünü	
İletkenlik	$k = 0.040 \text{ W/mK}$ (Kürekçi vd, 2012)
Malzeme Maliyeti	307.71 USD/m ³
Kurulum Maliyeti	4.7339 USD/m ²
Yakıt (Doğal Gaz) (http://www.bursagaz.com)	
Fiyat Cf	0.263 USD/m ³
Alt Isıl Değer	$34.526 \times 10^6 \text{ J/m}^3$
Verim, η	0.93

Elektrik

Fiyat Cf	0.08695 USD/ kWh (https://gazelektrik.com/s-s-s/epdk-elektrik-tarifeleri-2018)
Soğutma Sistemi Performans Katsayısı ,COP	2.5 (Bollatturk, 2008;Soylemez ve Unsal, (1999))

Finansal Parametreler (TCMB 2018; TUIK 2018)

Faiz Oranı ,i	24%
Enflasyon Oranı ,g	21.62%
Ömür , LT	20
Mevcut Değer, PV	24.66

USD = 5.2810 TL

Tablo 2’de ise Marmara bölgesinin hesaplamalarda ihtiyaç olacak değerleri verilmiştir. Tabloda enlem, boylam, rakım değerleri, yıllık ortalama en yüksek ve en düşük sıcaklıkları ile birlikte ısıtma derece-gün (HDD) ile soğutma derece-gün (CDD) değerleri görülmektedir.

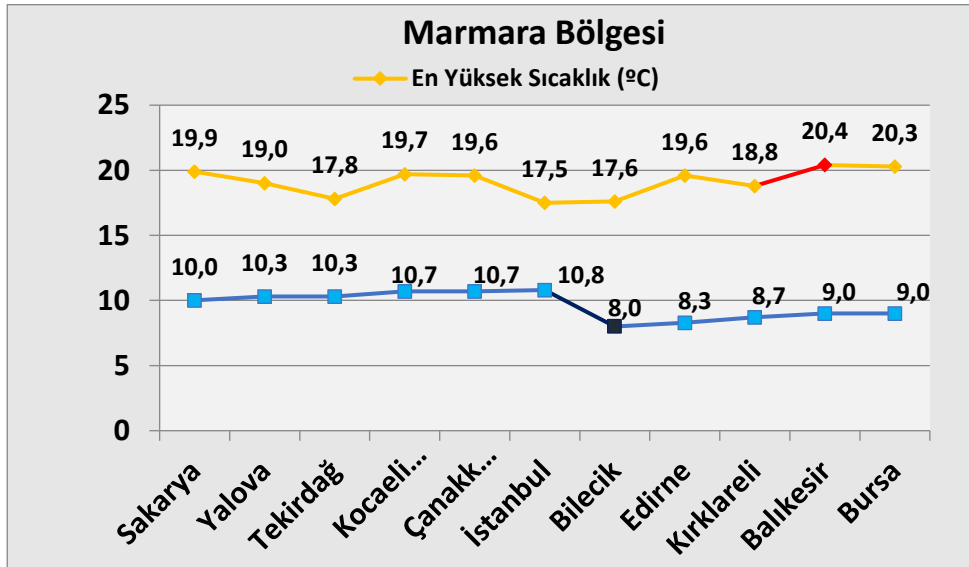
Tablo 2 Marmara Bölgesi’ndeki illere ait değerler

Şehir	Enlem	Boylam	Rakım (m)	HDD	CDD	Yıllık Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	Yıllık Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)
Sakarya	30,25	40,47	30	1833	10	19,9	10
Yalova	29,16	40,39	2	1843	4	19	10,3
Tekirdağ	27,29	40,59	4	2032	3	17,8	10,3
Kocaeli	29,54	40,46	76	1786	18	19,7	10,7
Çanak-kale	26,24	40,08	3	1789	25	19,6	10,7
İstanbul	29,05	40,58	39	1865	6	17,5	10,8
Bilecik	29,58	40,09	526	2397	7	17,6	8

Binalarda Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi ve Geri Ödeme Süreleri

Edirne	26,34	41,4	48	2224	16	19,6	8,3
Kırklareli	27,13	41,44	232	2274	20	18,8	8,7
Balıkesir	27,52	39,39	147	1914	20	20,4	9
Bursa	29,04	40,11	100	1920	12	20,3	9

Şekil 2’de ise Marmara bölgesindeki illerin yıllık en düşük ve en yüksek sıcaklıklarını gösteren grafik görülmektedir.



Şekil 2 Marmara Bölgesi Yıllık En Düşük ve En Yüksek Sıcaklıklar

3.MATEMATİKSEL YÖNTEM

3.1 Isı Kayıpları ve Enerji Gereksinimi

Yapının dış duvarının birim yüzeyinden olan ısı kaybı,

$$q = U (T_b - T_0) \quad (1)$$

denklemleriyle hesaplanabilir. Burada U seçtiğimiz duvarın toplam ısı transfer katsayısını ifade etmektedir.

Birim yüzey alanı için yıllık ısı kaybını bölgelere göre Tablo 2'de bulunan ısıtma ve soğutma derece-gün (HDD, CDD) değerlerinden yararlanılarak eşitlik (2) ile hesaplanabilir.

$$Q = 86400 \cdot DG \cdot U \quad (2)$$

Seçtiğimiz dış duvarın birim yüzeyinden oluşan ısı kaybı nedeni ile ısıtma için gereken yıllık enerji miktarı E_h , yıllık ısı kaybının seçilen yakıtta göre (doğalgaz) yakma sisteminin verimine bölünmesiyle hesaplanabilir. Burada η , ısıtma sisteminin verimini ifade etmektedir.

$$E_h = 86400 \cdot HDD \cdot U / \eta \quad (3)$$

Soğutma için gereken yıllık enerji miktarı eşitlik (4) ten faydalanılarak hesaplanabilir. COP, soğutma sisteminin performans katsayısını ifade etmektedir.

$$E_c = 86400 \cdot CDD \cdot U / COP \quad (4)$$

Seçtiğimiz duvar için yalıtım olması durumunda toplam ısı iletimi,

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + R_w + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_o}} \quad (5)$$

şeklinde dir. Burada h_i ve h_o sırasıyla duvarın iç ve dış tarafındaki ısı taşınım katsayıları, R_w yalıtımsız duvarın ısı direnci, x ve k sırasıyla yalıtım malzemesinin kalınlığı ve ısı iletim katsayısını ifade etmektedir. Binanın iç ve dış tarafındaki ısı taşınım katsayıları için $h_i = 8,29 \text{ W/m}^2\text{K}$ ve $h_o = 34,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ değerleri kullanılmıştır (Çengel,1998) .

Seçtiğimiz duvarda yalıtım olmadığı durumda toplam ısıl direnci $R_{t,w}$ olmak üzere toplam ısı iletimi formülünü tekrar düzenlersek,

$$U = \frac{1}{R_{t,w} + \frac{x}{k}} \quad (6)$$

elde edilir.

Isıtma için gereken yıllık enerji ihtiyacı eşitlik (7) kullanılarak hesaplanabilir.

$$E_h = \frac{86400 HDD}{(R_{t,w} + \frac{x}{k})\eta} \quad (7)$$

H_u , seçtiğimiz yakıt tipi olan doğalgazın alt ısıl değeri olmak üzere, ısıtma için yıllık yakıt tüketimi eşitlik (8) deki denklem kullanılarak hesaplanabilir.

$$m_f = \frac{86400 HDD}{(R_{t,w} + \frac{x}{k}) \cdot H_u \cdot \eta} \quad (8)$$

Soğutma için gereken yıllık elektrik enerjisi gereksinimini eşitlik (9) kullanılarak hesaplanabilir.

$$E_c = \frac{86400 CDD}{(R_{t,w} + \frac{x}{k})COP} \quad (9)$$

3.2 Maliyetler ve Optimum Yalıtım Kalınlığı

Toplam maliyet (C_t), seçilen yalıtım malzemelerinin birim maliyeti (C_{ins}), yalıtımın kurulum maliyeti (C_{ad}) ve ısıtma maliyetinin (C_h) toplamından oluşmaktadır.

$$C_t = C_{ins} x + C_{ad} + C_h PV \quad (10)$$

Bu çalışmada, seçtiğimiz duvar için kullanım ömrü süresince enerji maliyetinin hesaplanmasında ömür maliyet analizi kullanılmıştır. Toplam ısıtma maliyeti hesaplanırken ömür süresi (LT) ve bugünkü değer (PV) birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. PV değeri, zamana ve gerçek faiz oranına bağlıdır. Gerçek faiz oranı, enflasyon (g) ve faiz oranı (i) değerlerine bağlı olarak aşağıdaki denklemle hesaplanabilir.

$$PV = \frac{1+i}{g-i} [1 - (\frac{1+i}{1+g})^{LT}] \quad g \neq i \quad (11)$$

$$PV = \frac{LT}{1+g} \quad g = i \quad (12)$$

Yıllık yakıt miktarı hesaplandıktan sonra seçtiğimiz yakıtın (doğalgaz) birim fiyatı (C_f) ile çarpılması sonucunda yıllık yakıt maliyeti hesaplanabilir. Birim yüzey alanı için ısıtmanın yıllık maliyeti eşitlik (10) kullanılarak hesaplanabilir.

$$C_h = \frac{86400 \cdot HDD \cdot C_f}{(R_{t,w} + \frac{x}{k}) \cdot H_U \cdot \eta} \quad (13)$$

Bu durumda toplam ısıtma maliyeti ($C_{t,h}$) eşitlik (14) yardımı ile hesaplanabilir.

$$C_{t,h} = C_{ins} x + C_{ad} + \frac{86400 \cdot HDD \cdot C_f}{(R_{t,w} + \frac{x}{k}) \cdot H_U \cdot \eta} PV \quad (14)$$

$$x_{opt,h} = \left(\frac{86400 \cdot HDD \cdot C_f \cdot PV \cdot k}{\eta \cdot LHV \cdot C_{ins}} \right)^{1/2} - R_{t,w} k \quad (15)$$

Aynı işlemler soğutma durumu ele alınarak tekrarlandığında toplam maliyet ve optimum yalıtım kalınlığı sırası ile eşitlik (16) ve eşitlik (17) den yararlanılarak hesaplanabilir.

$$C_{t,c} = C_{ins} x + C_{ad} + \left(\frac{86400 \cdot CDD \cdot C_e \cdot PV}{(R_{t,w} + x/k) \cdot COP} \right) \quad (16)$$

$$x_{opt,c} = \left(\frac{86400 \cdot CDD \cdot C_e \cdot PV \cdot k}{COP \cdot C_{ins}} \right)^{1/2} - R_{t,w} k \quad (17)$$

Maliyetler göz önüne alındığında yıl içerisinde hem ısıtma hem soğutma durumu gerçekleştiğinden, optimum yalıtım kalınlığı ve maliyet hesaplarında bu iki durum birlikte değerlendirilmelidir. Toplam maliyet aşağıdaki denklemden kullanılarak hesaplanabilir.

$$C_{t,a} = C_{ins} x + C_{ad} + \left(\frac{86400 \cdot HDD \cdot C_f \cdot PV}{(R_{t,w} + x/k) \cdot H_U \cdot \eta} \right) + \left(\frac{86400 \cdot CDD \cdot C_e \cdot PV}{(R_{t,w} + x/k) \cdot COP} \right) \quad (18)$$

Bu durumda optimum yalıtım kalınlığı eşitlik (19) dan yararlanılarak hesaplanabilir.

$$x_{opt,a} = 293.94 \left(\frac{PV}{C_{ins}} \right)^{1/2} \left(k \left(\frac{C_f \cdot HDD}{H_U \cdot \eta} + \frac{C_e \cdot CDD}{COP} \right) \right)^{1/2} - R_{t,w} k \quad (19)$$

Yalıtım yapılması ve yapılmaması durumlarındaki toplam maliyetlerin farkından, yalıtım sonucundaki toplam kazanç (ECS) eşitlik (20) kullanılarak elde edilir.

$$ECS = [C_{h,pv} + C_{c,pv}](x=0) - [C_{h,pv} + C_{c,pv}](x_{opt,a}=0) \quad (20)$$

Geri ödeme süresi, yalıtım malzemesinin maliyeti, kurulum maliyeti, yalıtım sonucundaki toplam kazanç ve ömür parametrelerine bağlı olup aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir.

$$\text{Geri Ödeme} = \frac{C_{ins} x_{opt,a} + C_{ad}}{ECS/LT} \quad (21)$$

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada Marmara Bölgesi için ısıtma ve soğutma durumu ile yıllık optimum yalıtım kalınlığı değerleri hesaplanmıştır. Tablo 3'te polistren, Tablo 4'te ise taşıyıcı için elde edilen sonuçlar görülmektedir.

Tablo 3 Polistren için optimum yalıtım kalınlıkları ve geri ödeme süreleri

Şehir	Isıtma için optimum yalıtım kalınlığı $X_{opt,h}$ [cm]	Soğutma için optimum yalıtım kalınlığı $X_{opt,c}$ [cm]	Yıllık optimum yalıtım kalınlığı $X_{opt,e}$ [cm]	Geri ödeme süresi [yıl]
Sakarya	6,22	0	6,25	7.9818
Yalova	6,24	0	6,25	7.9733
Tekirdağ	6,66	0	6,67	7.4313
Kocaeli	6,11	0	6,16	8.1024
Çanakkale	6,11	0	6,19	8.0650
İstanbul	6,29	0	6,31	7.8969
Bilecik	7,43	0	7,44	6.600
Edirne	7,07	0	7,11	6.9329
Kırklareli	7,18	0	7,23	6.8155
Balıkesir	6,4	0	6,46	7.699
Bursa	6,42	0	6,45	7.710

Tablo 4 Taşyünü için optimum yalıtım kalınlıkları ve geri ödeme süreleri

Şehir	Isıtma için optimum yalıtım kalınlığı $x_{opt,h}$ [cm]	Soğutma için optimum yalıtım kalınlığı $x_{opt,c}$ [cm]	Yıllık optimum yalıtım kalınlığı $x_{opt,c}$ [cm]	Geri ödeme süresi [yıl]
Sakarya	3,6	0	3,62	11.6767
Yalova	3,61	0	3,62	11.6639
Tekirdağ	3,92	0	3,93	10.8573
Kocaeli	3,52	0	3,56	11.8576
Çanakkale	3,52	0	3,56	11.800
İstanbul	3,65	0	3,66	11.5496
Bilecik	4,47	0	4,49	9.6380
Edirne	4,22	0	4,25	10.1232
Kırklareli	4,29	0	4,33	9.9513
Balıkesir	3,73	0	3,77	11.2552
Bursa	3,74	0	3,75	11.2714

Elde edilen sonuçlara bakıldığında sandviç duvar uygulamasında polistren yalıtım malzemesi için Marmara Bölgesi’de optimum yalıtım kalınlığı ısıtma durumu için 6,11 ile 7,43 cm, yıllık ortalama kalınlık ise 6,16-7,44 cm arası bulunmuştur. Taşyünü yalıtım malzemesi için ise optimum yalıtım kalınlığı ısıtma durumu için 3,52 ile 4,47 cm, yıllık ortalama değerleri ise 3,56 ile 4,49 cm olarak bulunmuştur. Geri ödeme süresi ise yalıtım kalınlıklarına bağlı olarak polistren için 6,6 ile 8,1024 yıl, taşyünü için ise 9,638 ile 11,8576 yıl arası olarak bulunmuştur. Değerlere bakıldığında Marmara Bölgesi için ısıtma durumu ve yıllık ortalama değerler arasında çok büyük farklılıklar görülmemektedir. Taşyününün ısı iletim katsayısı daha düşük olduğundan optimum yalıtım kalınlıkları polistrene göre daha düşük değerlerdedir. Geri ödeme sürelerinde bakıldığında taşyününün birim fiyatı daha yüksek olduğundan geri ödeme süresinin de daha fazla olması beklenen bir sonuçtur.

Optimum yalıtım kalınlıkları arasında şehirlere göre çok fark olmamasına rağmen büyük yüzey alanlarına uygulamalar yapıldığından dolayı yatırım maliyetlerinde yüksek fiyat farklılıkları çıkabilir. Bu sebepten dolayı yalıtım kalınlığını seçerken şehirlere göre değerlendirmek faydalı olacaktır. Polistrenin maliyeti düşük olmakla birlikte ısı iletim katsayısına bağlı olarak taşyününe göre daha kalın malzeme kullanmak gerekecektir. İnce yalıtım malzemesi kullanılmak istenen yerlerde ısı iletim katsayısı düşük olan malzemeler tercih edilebilir.

KAYNAKLAR

Al-Sanea, S.A., Zedan, M.F. ve Al-Ajlan, S.A. (2005). "Effect of electricity tariff on the optimum insulation thickness in building walls as determined by a dynamic heat-transfer model", *Applied Energy*, 82, 313-330.

Bektaş, V., Çerçevik, A. E. ve Kandemir, S. Y. (2017). "Binalarda Isı Yalıtımının Önemi ve Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlığının Yalıtıma Etkisi", *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(1), 36-42.

Bolatturk, A. (2008). "Optimum insulation thicknesses for building walls with respect to cooling and heating degree-hours in the warmest zone of Turkey", *Building and Environment*, 43(6), 1055-1064.

Daouas, N. (2011). "A study on optimum insulation thickness in walls and energy savings in Tunisian buildings based on analytical calculation of cooling and heating transmission loads", *Applied Energy*, 88, 156-64.

<https://gazelektrik.com/s-s-s/epdk-elektrik-tarifeleri-2018> Erişim Tarihi=08.11.2018

Kaya, M., Fırat, İ., ve Çomaklı, Ö. (2016). "Erzincan ilindeki binalarda ısı yalıtımının enerji tasarrufuna etkisinin ekonomik analizi", *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 36(1). 47-55.

Kayfeci, M., Keçebaş, A. ve Gedik, E. (2013). "Determination of optimum insulation thickness of external walls with two different methods in cooling applications", *Applied thermal engineering*, 50(1), 217-224.

Kaynaklı, O. (2012). "A review of the economical and optimum thermal insulation thickness for building applications", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 415-425.

Kaynaklı, Ö. (2013). "Optimum Thermal Insulation Thicknesses and Payback Periods for Building Walls in Turkey", *Isı Bilimi Ve Tekniği Dergisi-Journal of Thermal Science and Technology*, 33(2), 45-55.

Kürekçi, A., Bardakçı, A. T., Çubuk, H. ve Emanet, Ö. (2012), "Türkiye'nin tüm illeri için optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi", *Tesisat Mühendisliği*, 131, 5-21.

Pargana, N., Pinheiro, M.D., Silvestre, J.D. ve de Brito, J. (2014). "Comparative environmental life cycle assessment of thermal insulation materials of buildings", *Energy and Buildings*, 82, 466-481.

Sezer, F.Ş. (2005). "Türkiye'de ısı yalıtımının gelişimi ve konutlarda uygulanan dış duvar ısı yalıtım sistemleri", *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 10(2), 79-85.

Soylemez, M.S. ve Unsal, M. (1999). "Optimum insulation thickness for refrigeration applications", *Energy Conversion and Management*, 40, 13-21.

TCMB, (2018) Central Bank of the Republic of Turkey (Erişim Adresi = [http:// www. tcmb. gov .tr](http://www.tcmb.gov.tr)).

TUIK, (2018) Turkish Statistical Institute. Prime Ministry Republic of Turkey (Erişim Adresi = www.turkstat.gov.tr).

Ucar, A. (2010). "Thermoeconomic analysis method for optimization of insulation thickness for the four different climatic regions of Turkey", *Energy*, 35(4), 1854-1864.

Ucar, A. ve Balo, F. (2010). "Determination of the energy savings and the optimum insulation thickness in the four different insulated exterior walls", *Renewable Energy*, 35(1), 88-94.