



MÜHENDİSLİK,
FEN VE SAĞLIK BİLİMLERİ'NDE
AR-GE ve İNOVASYON
ÇALIŞMALARI

Mühendislik, Fen ve Sağlık Bilimlerinde Ar-Ge ve İnovasyon Çalışmaları

Editörler

Prof. Dr. Ahmet ÇETİN
Prof. Dr. Kadir AY
Prof. Dr. Oktay ÜÇER
Prof. Dr. Ahmet TÜRK
Prof. Dr. Ali DEMİR
Prof. Dr. Osman ÇULHA
Prof. Dr. Pınar MIZRAK ÖZFIRAT
Doç. Dr. İrem DENİZ CAN
Doç. Dr. Eser YEŞİLDAĞ
Dr. Öğr. Üyesi Anıl BAŞARAN
Dr. Öğr. Üyesi Ender BAŞARI
Dr. Öğr. Üyesi H. Erdem YALKIN
Dr. Öğr. Üyesi Tuğçe YAĞCI

SİDAS

2024

Copyright © Sidas Medya

Bu kitabın yayın hakkı Sidas Medya Ltd. Şti 'ne aittir.
İzin alınmaksızın kısmen veya tamamen çoğaltılamaz.

ISBN NO : 978-625-94327-4-8

Yayınlayan

Sidas Medya Ltd. Şti.
Fevzipaşa Bulv. Çelik İş Merk, Konak-İzmir
Tel: 0.232.441 60 01 Fax:0.232. 441 61 06
sidasmedya@gmail.com
Sertifika No: 44798

Basım Koordinatörü

Şakir SARIÇAY

Baskı Tarihi

Şubat 2024

Baskı

e-kitap

Yayın No: 0133

İletişim

Sidas Medya Ltd. Şti.
Fevzipaşa Bulvarı Çelik İş Merkezi-İzmir
Tel: 0.232.441 60 01 Fax:0.232. 441 61 06
sidasmedya@gmail.com

ÖNSÖZ

Değerli Araştırmacılar,

Manisa Celal Bayar Üniversitesi; “Bilim ve İnsan” anlayışıyla yola çıkan, zengin tarihi ve kültürel mirasımızdan güç alan; nitelikli eğitimi hedefleyen, tercih edilme önceliğini amaçlayan, yenilikçi, özgürlükçü, girişimci ve katılımcı bir üniversite olarak bölgemizin üçüncü büyük Üniversitesi olarak iletmektedir. Bu kapsamda teknoloji geliştirme, proje ortaklıkları, sosyal işbirlikleri, inovasyona dayalı tasarım ve ürün geliştirme, nitelikli insan kaynağı kapsamında etkileşim ve işbirliğinin en önemli yolu bir araya gelmek; kongreler, konferanslar ve akademik teknik tartışmalar ile hep daha iyiyi hedefleyerek faaliyet göstermek için saha da olan Üniversitemiz, bölgemizde bu alanda da öncülüğünü sürdürmektedir.

Kongremiz, 5.'si ile geleneksel hale gelmiştir. Ar-Ge ve Tasarım Merkezleri, Teknoloji şirketleri, Girişimciler, Üniversiteler, Teknopark ve TTO'lar katılımcı olarak projelerine ait bilimsel çıktılarını, Akademisyenler ise ticarileşebilir proje, bilimsel çalışma, yüksek lisans ve doktora tezi, vs. ait sonuçları sunma ve paylaşma fırsatı bulmuşlardır. Bu yıl Kongremize bilimsel çalışmaları ile katılım gösterecek sanayi kuruluşlarının, Üniversitemizde uygulanan İşletmede Mesleki Eğitim kapsamındaki öğrencilerimiz ve akademik personelimiz ile buluşması da sağlanmış, nitelikli insan kaynağı ve sanayi bir araya gelmiştir. Bu kapsamda toplam 146 bildiri, 26 davetli konuşmacının yer aldığı kongremiz önemli bir ihtiyaca karşılık vermiş ve düzenleme sürekliliği kazanmıştır.

Manisa Celal Bayar Üniversitesi; Üniversite Sanayi İşbirliği Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, Manisa Teknokent, Proje Koordinasyon Uygulama ve Araştırma Merkezi, Deneysel Fen Bilimleri Araştırma Merkezi gibi arayüz ve araştırma altyapıları ile bölge ve ülke sanayisine hizmet veren bir araştırma kuruluşu olarak konumlanmış durumdadır. Üniversitelerdeki mevcut bilgi birikimi ve yetişmiş insan gücü ile sanayinin mevcut tecrübesi ve finansal gücünün bir sistem dâhilinde birleştirilmesi ile ortaya çıkan bilimsel, teknolojik ve ekonomik faaliyetler sonucunda, toplumsal refah artmakta ve toplum sosyo-ekonomik olarak gelişim sağlamaktadır. Manisa ve Ege Bölgesi sanayi varlığı ve ekonomik gücü dikkate alındığında önemli derecede AR-GE ve tasarım faaliyeti gerçekleştirmekte, Ulusal ve Uluslararası AR-GE fonlarına ulaşım sağlamaktadır. Üniversitemiz ise bu fonlara erişim ve uluslararası işbirlikleri oluşturma aşamasında yer alarak sanayimizin Temel ve Uygulamalı AR-GE faaliyetleri ile deneysel geliştirme çalışmalarına partner olarak değer yaratma amacındadır.

Kongre teması **Yenilikçi Teknolojiler ve İnovasyon** olarak tanımlanmıştır. Bu kapsamda paneller ve konusunda uzman davetli konuşmacılar yer alacaktır. Teknoloji geliştirme, Sürdürülebilirlik, Mobilite, İşbirliği ve Etkileşim, Girişimcilik ve İnovasyon, Ar-Ge ve Tasarım Merkezleri ile Teknoparkları arası işbirliği ile Otomotiv Ana ve Yan Sanayi, Savunma, Havacılık ve Uzay, Biyoteknoloji, Nanoteknoloji ve Dijital Dönüşüm

alanında davetli konuşmacılarımız yer alacaktır. Ayrıca panellerde, ulusal ve bölgesel dinamikleri

gözetin, kapsayıcı, dinleyenlerin girişimcilik, uluslararası yenilikçilik ekosistemi, teknoloji geliştirme, ar ge, tasarım ve yazılım geliştirme esaslı faaliyetlerin tartışılması planlanmıştır.

Üniversitemiz İstihdam ve Kariyer Koordinatörlüğü; İşletmede Mesleki Eğitim ve İsteğe Bağlı Stajdan oluşan bütünleşik Uygulamalı Eğitim sistemindeki öğrencilerimiz için Mesleki Eğitim Fuarı gerçekleştirilecektir. Ar-Ge ve Tasarım merkezlerinin akademik çalışmaları ve proje çıktıları ile akademik dünyanın ürün ve proses odaklı tez çalışmalarına ait teknik kazanımları da Kongremizde bildiri olarak sunacaklardır.

Diğer kongrelerimizden farklı olarak, üniversite-sanayi işbirliğinin birer çıktısı olarak gördüğümüz, araştırma yapısı işbirliği, proje ortaklığı işbirliği, fikri mülkiyet hakkı ve girişimcilik alanında başarıya ulaşmış işletmelerimizi ve öğretim üyelerimizi tebrik ediyorum.

Bölgemizdeki Ar-Ge ve Tasarım merkezlerinin bir araya gelerek oluşturduğu, üniversitemizin iş birliğinde faaliyetler gerçekleştirdiği, MATİP, bu kongrede de üyeleriyle birlikte yer almakta bölgemizdeki ar ge ve yenilikçilik ekosistemi gelişimi için, işbirliği ve güç birliği faaliyetleri için, iyi örnekler arasında yer almaktadır. Bu vesileyle de kongreye katılımları ve düzenleme kurulunda yer almaları açısından kendilerine teşekkür ediyorum.

Bu amaç ve hedeflere ulaşmak için ufuk açıcı olduğuna inanarak bu yıl beşincisini düzenlediğimiz Ulusal Üniversite-Sanayi İşbirliği, AR-GE ve İnovasyon Kongresine katılan AR-GE ve Tasarım merkezlerine, Teknopark ve TTO'lara, teknoloji şirketlerine, girişimci, akademisyen ve öğrencilere teşekkür eder, araştırmalarında başarılar dilerim.

Prof. Dr. Rana KİBAR
Manisa Celal Bayar Üniversitesi Rektörü

İÇİNDEKİLER

Volastonit Dolgulu Çizilme Dirençli Polipropilen Tabanlı Kompozit Malzeme Geliştirilmesi	1
<i>Alican Çördük, Tuğçe Zeynep Kaya, Mehmet Sarıkanat, Lütfiye Altay, Yoldaş Seki</i>	
Ekolojik Soğutma Teknolojileri için Çevre Dostu Soğutkanların Mikrokanal Yoğuşma Akışları	6
<i>Anıl Başaran</i>	
MCBÜ Hafsa Sultan Hastanesi Çatı GES Uygulaması ve Maliyet Analizi	13
<i>Ayşe Canalp, Ayşe Bilgen Aksoy</i>	
Çamaşır Makinelerinde Kullanılan Sac Kasnak Tasarımının Sonlu Elemanlar Analizi ile İyileştirilmesi	23
<i>Baran Bağrıyanık, Eren Solak, Emre Yılmaz, Servet Kaptı</i>	
Recycled EPDM in Automotive TPVs: Evaluating Mechanical Properties for Industry Requirements	29
<i>Begüm Uzunbayır, Bahadır Uyulgan, Orçun Saf, Beste Pamukoğulları</i>	
Lug-Wafer Tipi Hibrit Kelebek Vana Sistemlerinin Bilgisayar Destekli Tasarım ve Simülasyon Destekli Deney Düzenine Geliştirilmesi	36
<i>Berna Gül</i>	
SOL-JEL Reaksiyonu ile elde edilen TiO₂'in Akıllı Ambalajlarda Oksijen Sensörü Olarak Kullanılması	46
<i>Berna Körpınar, Osman Aslan, Kadir Yiğit Erdemir, Berkin Barut, Yüksel Abalı</i>	
Sahra Tipi Dış Ortam Aşısı ve Kan Soğutucuları	55
<i>Bilal Becerikli</i>	
Medikal Tip Ultra Derin Dondurucu Buzdolapları	64
<i>Hikmet Garip</i>	
Bir Soğutucunun Uzaktan Takibi ve Kontrolü	71
<i>Ümit Güler</i>	
Karmaşık Geometrilere Sahip Parçaların Döküm Simülasyonu ile Tasarımı ve Prototip Üretimi	79
<i>Buğrahan Özkan, Erhan Özkan, Berna Gül</i>	
Klinik Öncesi Deneyler için In-vitro Hastalık Modelleri	84
<i>Dilara Sabırtaş, Şeyma Taşdemir</i>	
Deniz Savunma Sanayi için Geliştirilen Kelebek Vanaların Mekanik Şok Testi Simülasyon Analizi ve Gerçek Test ve Üretim Verilerinin Değerlendirilmesi	92
<i>Emre Aydeniz, Erhan Özkan</i>	

Yavru Zeytin, Yeşil Zeytin ve Zeytin Yaprağı Etanol Özütlerinin İçerik Analizleri ve in vitro Antikanser Aktivitelerinin İncelenmesi	100
<i>Buse Aktaş, Aleyna Öğreten, Erdal Eroğlu, İlker Polatoğlu</i>	
Fren Sistemi Hava Tanklarında Kaynak Hatalarının Etkisi ve Giderilmesi	108
<i>Muhammet Şükrü Erdem, Eşref Müsenna Matur, Mustafa Acarer</i>	
Dünyada ve Ülkemizdeki İleri Teknolojik Malzemelerin Konumunun Karşılaştırılması ve Örnek Bir Uygulama ile Ele Alınması	114
<i>Erhan Özkan</i>	
Dijitalleşme, Toplum 5.0 ve Sürdürülebilirlik Uygulamalarına Farklı Bir Yaklaşımla Risk Analizlerinin Gerçekleştirilmesi	120
<i>Erman Yetimoğlu</i>	
Multifonksiyonel Akıllı Nanokompozit Kaplamalar: Eu Katkılı Hibrit Poliüretanların Yapı Malzemelerinde Görünür Bölge Emisyonu Sağlayan Yüzey Kaplaması Uygulamaları	125
<i>Gökçe Asan, Merve Esra Üngör, Yüksel Abalı, Osman Arslan</i>	
The Place of Turkey in Entrepreneurship	133
<i>Gülzâr Kurt Gümüş, Mustafa Kerem Gültekin, Gökçe Aslan</i>	
Sultani Çekirdeksiz Üzüm Çeşidinin Kurutulmasında Meşe (Quercus L.) Külünün Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi	142
<i>Ümit Taşan, Yüksel Abalı, Harun Çoban</i>	
LoRa Modülasyonu Kullanarak Fabrika Üretim İzleme Sistemi Geliştirilmesi.....	150
<i>Sergen Akten, Mustafa Engin</i>	
Veri Zarflama Analizi: Üretimde Optimizasyon ve Sürdürülebilirlik.....	156
<i>İbrahim Kaya</i>	
Kaynak Uygulamalarında Endüstri 4.0 ile Gaz Akış Debisi Kontrolü	165
<i>İlksen Bozok, Ahmet Obaloğlu</i>	
Polietilen Tereftalat (PET) Polimerinin Termal Özelliklerinin Proglanlanması İçin İnorganik Katkıların Değerlendirilmesi	172
<i>Kübra Tayfur, Ebru Al, Merve Esra Üngör, Yüksel Abalı, Osman Arslan</i>	
Procedure for Implementing an Innovative Idea Management System: A Case Study of a Company	180
<i>Melek Esemem, Dilek Çetin Tulazoğlu</i>	
Yeni Nesil Alümina Seramik Kumların Karakterizasyonu ve Aşındırma Özelliklerinin Etkisinin İncelenmesi	188

Hüseyin Adıgüzel, İsmailcan Tolga, Dila Vural, Memnune Murat, Ali Cihan Çelik, Emre Yalamaç

Multifonksiyonel Akıllı Nanofiber Malzemeler: Elektrosin ile Elde Edilen Silisyum QD Modifiye Seliloz Asetat Nanofiberlerin Kolorimetrik Sensör Olarak Kullanılması 197

Merve Esra Üngör, Gökçe Asan, Yüksel Abalı, Osman Arslan

Vulkanizasyon Sonrası EPDM Post-Cure Sürecinin Optimize Edilmesi 206

Mucize Ceren Miçonunoğlu

Mekanik ve Elektronik Entegrasyonlu Rot Mili Çalışma Sistemi ile Tork Değerlerinin Stabilize Edilmesi 217

Muhammed Abdullah Özel, Mehmet Yasin Gül

Kesme Hızının Kesici Takım Sıcaklığına Etkisinin DEFORM 3D ile İncelenmesi... 225

Muhammed Emin Özdemir

Metalik Görünüme Sahip Akrilonitril Bütadien Stiren (ABS) Kompozit Malzeme Geliştirilmesi 233

Murat Parmak, Emre Bağcivan, Mehmet Sarıkanat, Lütfiye Altay, Yoldaş Seki

Kombilerde Brülör Tasarımı ve Hava-Gaz Karışımının Önemi 239

Deniz Damgacı, Sinan Yücedağ, Mustafa Ali Dalgıç, Erdal Küpelioglu, Kağan Coşkun

Ürün Varyant Konfigürasyon Yönetiminin Yapay Zekâ Kontrollü Ürün Ağacı Sistem Tasarımı ve Geliştirilmesi 252

Mustafa Aşar, Erhan Özkan

Kaynak Makinaları İçin Ayarlanabilir DC Elektronik Yük Tasarımı 257

M. Ramiz Sıdal, A. Eren Kocamış

Digital Twin of Smart Factories based Product Optimization and Fault Detection for Industry 4.0 265

Umut Bilgen, Rüstem Beisekin, Müge Erel-Özçevik

Machine Learning based DL/UL Traffic Load Prediction in Software Defined Radio for 5G Networks 275

Elif Yaren Tat, Gökhan Kalem, Müge Erel-Özçevik

Selecting of the Main Factors Improving Window Thermal Insulation Performance 285

Didem Kale, Nazmiye Yoldaş1, Deniz Akkaş, Ecem Sert

Soğuk Dövme İle Dişli Soket Üretiminde Tasarım Optimizasyonu..... 295

Nurican Elmas, İlder Kilerci, Osman Çulha

Islak Mendil Paketleme Makinesi Ön Isıtma Sisteminin Sonlu Elemanlar Analizi

ve Optimizasyonu	304
<i>Oğulcan Söğüt, Y. Yağız Şimşek, Onur Çimen, H.Berkay Özbeksoy, İ. Etem Saklakoğlu</i>	
İnce İztropik Çelik Plakaların Sonlu Elemanlar Metodu ile Çatlak Analizinin Doğal Frekansa Etkisi	311
<i>Özđür Sayer, Erhan Özkan, Berna Gül</i>	
Adaptif Eleman Örgüsü Yöntemiyle Yenilikçi Conta Tasarımı	318
<i>Ramazan Mestanlı, Erhan Özkan, Berna Gül</i>	
SiC Güç Anahtarları ile Kaynak Makinası Tasarımı	325
<i>Salih Tuna, Ali Eren Kocamış</i>	
Plazma Kesme Makinelerinde Otomatik Gaz Kontrolü	334
<i>Samet Yüksel, Mustafa Yararlı, Güven Sezen</i>	
Endüstriyel Atık Sulardan Modifiye Zeolit ile Bazı Ağır Metallerin Giderilmesi	340
<i>Seda Uyar, Yüksel Abalı, Osman Arslan</i>	
EŞzamanlı Ekstrüzyon Prosesleri Uygulamaları ile Karavan Güç Aktarma Elemanlarının Proses Tasarımı Geliştirilmesi	351
<i>Selen Susuz, İter Kilerci, Engin Yöndem, Osman Çulha</i>	
PMSM Design and Analysis with Segmented Stator for Use in Dryer Machines	357
<i>Samet Gelme, Caner Korel, Sema Yılmaz</i>	
4 Serbestlik Dereceli Robot Kolun Optimal Kontrolü	366
<i>Serkan ŐaŐka</i>	
Vanaların Talaşı İmalat Verimliliğini Artıran Özgün Aparat Tasarımı	373
<i>Sevde Bilgin, Erhan Özkan, Berna Gül</i>	
Cyanobacteria Suşlarından Ekstrakta Edilen C-Phycocyanin Pigmentinin Endüstriye Dönük Verimliliği	384
<i>Sevilay Öztürk</i>	
Influenza A/B, SARS-COV-2 VE RSV'nin Birbirinden Ayırt Edilmesi ve Tespiti İçin MULTİPLEX RT-QPCR Kitinin Geliştirilmesi	392
<i>Sinem Akçalı, M. Karakaya, S. Fatih Karakaya, H. Seda Vatanserver, Kıvanç Günhan, E. BıŐra Tunğöyde, B. Rıveyda Şenel, Hilal Kabadayı Ensarioğlu, Ferdi Çetin</i>	
Dijital Dönüşümün İtici Gücü Olarak Üniversite Sanayi İŞ Birliği	401
<i>Süleyman Turgut, Busecan Kara, Saim Karabulut, Mehmet Emre</i>	
Dökümde Proses Verimliliğini Artıran Pota Kapağı Tasarımı	408
<i>Gazican Özkan, Alican İpek, Esra Börek, Gökhan Eser Nuran Bulut TaŐçiođlu, Hüseyin Eroğlu, Yasin Görgün</i>	

Talaşlı İmalatta Proses İyileştirmeye Yönelik Fatura Açma Takımı Tasarımı	414
<i>Gazican Özkan, Esra Börek, Alican İpek, Hüseyin Eroğlu, Nuran Bulut Taşçıoğlu, Gökhan Eser, Yasin Görgün</i>	
Otomobil Süspansiyon Parçalarında Tork ve Boşluk Değerlerine Ortam Sıcaklığının Etkisinin İncelenmesi	420
<i>Talha İkbal Çığır, Deniz Bal, Furkan Göğer, Ömer Çiftçi, Selman Aydın</i>	
Manisa ve Spil Dağının Farklı Yükseltilerindeki Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması	428
<i>Tuğba Kardaş</i>	
Hesaplamalı Malzeme Mühendisliği Yaklaşımları ile Alüminyum Alaşımalarında Reo-Döküm Parametrelerinin İncelenmesi	438
<i>Tuğçe Yağcı, Hüseyin Erdem Yalkan, Kadir Güver, Elif Nur Çetinkoç</i>	
Traffic Travel Time Estimation Using Traffic Sensor Data	445
<i>Ümit Cihan Yılmaz</i>	
Ormanların Sürdürülebilir Kullanımı ve Akıllı Yönetimi	456
<i>Ümit Cihan Yılmaz, İlhan Kaya</i>	
PCB Tasarım İyileştirmesi ile Tam Köprü Topolojisinde IGBT Anahtar Kapanma Geriliminin Azaltılması	464
<i>Ünal Leblebici, Ali Eren Kocamış</i>	
3 Katmanlı Mimari ile Yapay Zeka Tabanlı Kişi Sayma ve Yüz Tanıma	471
<i>Vahab Mostafapour, İlhan Kaya</i>	
Ani Kapama Vana Sistemlerinde Kullanılan Yayların Bilgisayar Destekli Tasarımı ve Deneysel Geliştirilmesi	480
<i>Yiğit Şendur, Erhan Özkan, Berna Gül</i>	
Otomotiv Sızdırmazlık Profillerinde Kullanılan Termoplastik Elastomer (TPE) Malzemenin Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi	488
<i>Yusuf Mert Baytok, Orçun Saf, Aytunç Erek</i>	
İndüksiyon ile Yüzey Sertleştirme Isıl İşleminin Çelik Kaliteleri Üzerindeki Yorulma Etkisi	497
<i>Ahmet Asım Eser, Talha İkbal Çığır, Gamze Küçükyağlıoğlu, Ümit Ahmet Çakal</i>	
Probiyotik Mikroorganizmaların Sindirim Sistemindeki Canlılığı ve Canlılıklarını Etkileyen Faktörler	504
<i>Sena Tirtom, Aslı Akpınar</i>	
Balda Mısır Şurubu Tağışının FTIR-ATR Spektroskopisi ile Belirlenmesi	515
<i>Gizem Simge Kılınç, Simge Çimen, Neriman Bağdatlıoğlu</i>	

Gıdaların Kalite ve Güvenilirliğinin Değerlendirilmesinde Biyosensörler 523
Pelin Özkaya, Seval Dağbağı, Pınar Kara

Sürdürülebilir Gıda Üretim Süreçlerinde Elektriksel Yöntemler 534
Tuncay Yılmaz, Can Çivi, Bülent Ergönül

Volastonit Dolgulu Çizilme Dirençli Polipropilen Tabanlı Kompozit Malzeme Geliştirilmesi

**Alican Çördük^{1*}, Tuğçe Zeynep Kaya¹, Mehmet Sarıkanat², Lütfiye
Altay², Yoldaş Seki³**

¹İzmir Eğitim Sağlık Sanayi Yatırım A.Ş., Ar-Ge Merkezi, Manisa, Türkiye

²Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İzmir, Türkiye

³Dokuz Eylül Üniversitesi Kimya Bölümü, İzmir, Türkiye

*alican.corduk@imspolymers.com

Giriş

Termoplastik malzemelerin işleme kolaylığı, hafif ve geri dönüştürülebilir olması birçok sektörde dikkat çekici bir hammadde olmasını sağlamaktadır. Termoplastik malzemelerin, kesme kuvvetine maruz kaldığında viskozitesinin düşmesi işleme sırasında kolaylık sağlarken aynı zamanda sıcaklığı arttırıldığında da tekrar işlenebilir hale getirilmesi de geri dönüştürülmesine imkân sağlamaktadır. Termoplastik malzemelerin hafif olması ağırlık azaltma konusunda avantaj sağladığı için metal yerine kullanılabilme imkânı sağlamaktadır. Tüm bu özelliklerinin yanı sıra metal malzemeye güçlü bir alternatif olarak termoplastik malzemeler, endüstri açısından da çevre sorununa bir çözüm sunması ile öne çıkmaktadır. Özellikle otomotiv sektöründe 1990’lı yılların ilk zamanlarından itibaren termoplastik olefinler (TPO) sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. TPOlar sahip olduğu kimyasal dayanımı, yüksek ve düşük sıcaklık dayanımı ve darbe dayanımı gibi faktörler ile otomotiv sektöründe benzerlerinin önüne geçebilen malzemeler olabilmektedir.

TPOlardan özellikle etilen ve propilen içeren kopolimerlerin daha yüksek erime sıcaklığı, elastisite ve kimyasal dayanımı olduğu görülmüştür. Kopolimer polipropilenleri, enjeksiyon sırasında çevrim süresini %30 daha da azaltmakta ve fire miktarını da oldukça azaltmaktadır. Ancak TPOlar ve PPLerde de mekanik müdahaleden doğan yüzey hasarı diğer polimerlere kıyasla daha yüksektir. Çizilmeler gibi mekanik müdahale kaynaklı yüzey hasarları ürünün estetik görüntüsünü ve kalitesini düşürmekle birlikte, mekanik zafiyet de oluşturmaktadır. Yüzeydeki çizilmeler malzemede stres arttırıcı olarak davranarak çekme mukavemetinde, darbe dayanımında ve yorulma yüklemesinde düşüşler meydana getirebilmektedir. Çizilmenin yanı sıra beyazlama da ciddi bir yüzey hasarı olarak görülmektedir (W.M. Gao, 2018),

Çizilme mekanizmasını ve direncini etkileyen faktörler arasında dış faktör olarak çizme hızı, çizicinin geometrisi, uygulanan yük ve sıcaklık olarak verilebilir. İç faktörler olarak da baz polimerin tipi (kopolimer/homopolimer oluşu), polimerin kristallliği ve çizilme direncini etkileyecek katkı/dolgunun kendisidir. Çalışma boyunca dış faktörler belirli standartlara ve literatüre bağlı olarak belirlenecekken, iç faktörler ise inceleme ve tartışma konusu olması hedeflenmiştir.

Çizilme direncini sağlayan katkılar olarak mineral dolgulardan volastonitin yanı sıra nanokiller, dolgu dışında silikon yağlar, organo modifiyeli siloksanlar (polidimetilsiloksanlar) ve amitler (oleamit, erusamit, stearil erusamid, etilen bis oleamit ve oleyl palmitamitler) literatürde yer almaktadır. Dış kaydırıcı gibi çalışarak yüzeye doğru göç eden katkı yüzeyde film oluşturarak sürtünme katsayısını düşürmektedir. Ancak çizilme direncinin uzun soluklu olmamasının yanı sıra genellikle yüzeyde oluşturdukları yapışma ve kayganlık hissi ise istenmeyen başka bir problem olmaktadır. Dolgularda ise daha düşük çizilme direnci görülmekle birlikte bu sorunlarla karşılaşılmağıdır. Ancak silan bazlı bağlayıcılar sayesinde, volastonit mineralinin yüzeyini iyileştirerek polimer matrisiyle uyumu artırılarak çizilme direnci artırılabilir. Talk, $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ kimyasal formülüne sahip hidratlanmış magnezyum silikadan oluşan bir mineraldir. Özellikle otomotiv sektöründe polipropileni kuvvetlendirmek için yaygın olarak kullanılır.

Dasari ve ark. (2004) saf ve volastonit içeren polipropilenlerin çizik deformasyonu özelliklerini araştırdı. Bu çalışmalarında PP'nin yüzey tribolojisini belirlemek için elektron mikroskobu ve atomik kuvvet mikroskobu teknikleri kullanmışlardır. Saf PP'nin yanı sıra PP içeren kaplanmış ve birleştirilmiş volastonit, PP içeren ince volastonit, PP içeren iri volastonit ve PP içeren kaplanmış volastonit hazırlanmışlardır. Çizilme direnci, çizilme sertliği, çizik derinliği, ortalama çizik pürüzlülüğü, çizik izlerinin kalınlığı ve yoğunluğu açısından değerlendirilmiştir. Çalışmada, dolgulu polipropilen malzemenin, polipropilen matrisinden volastonit mineral parçacıklarının ayrılması nedeniyle plastik deformasyon gösterdiğini belirtilmiştir. Daha yüksek çizilme sertliğine sahip malzemelerin, çizilme deformasyonuna karşı daha fazla direnç ve daha düşük çizik görünürlüğü sergilemesi beklenir. Kaplanmış volastonit içeren PP, ince volastonit içeren PP ve kaba volastonit içeren PP tabanlı malzemelerin çizilme deformasyonuna karşı dirençlerinin azaldığı gözlemlenmiştir (Dasari 2004).

Chu ve ark. (1997) farklı mineral dolgu maddelerinin pigmentli mineral dolgulu polipropilenin çizilme ve mar direnci üzerindeki etkisini görmek için kullanılan test yöntemlerini araştırmıştır. İnterferometre ile ölçülen çizik görünürlüğü ile çizik sertliği arasında bir korelasyon bulunmuştur. Volastonitin çizik derinliğini ve görünürlüğü azaltabileceği, buna karşın talkın bu amaç için çok verimli olmadığı sonucuna varmışlardır. Bir arayüz değiştirici ve yağlayıcı kullanımı, volastonit dolgulu PP için çizik derinliğini ve beyazlamayı daha da azaltabilir, ancak katkı maddeleri talk dolgulu PP için etkisiz kalmıştır. (Chu, 1998).

Xiang ve ark. (2001) bir çalışmada, normal kuvvetin polimerlerin çizilme direnci üzerindeki etkilerini incelemek için PP ve çeşitli yağlayıcılarla talk dolgulu PP hazırlanmıştır. Katkı maddelerinin saf ve talk dolgulu PP sistemlerinin çizilme davranışı üzerindeki etkileri araştırıldı. PP sistemlerinde kristallığı ve çizik deformasyon mekanizmalarını karakterize etmek için diferansiyel taramalı kalorimetri ve optik mikroskop kullanılmıştır. Çizilme sertliğinin, çizilme işlemi sırasında uygulanan yükler ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Düşük yük, PP kompozitlerin elastik deformasyonu nedeniyle daha yüksek çizilme sertliği göstermiştir. Ayrıca bu çalışmada talk dolgulu kopolimer polipropilen, saf PP'ye kıyasla daha yüksek çizilme sertliği sergilemiştir. Homo PP, talk dolgulu PP'ye göre üstün çizilme direnci sergilemiş ve yağlayıcı ve tavlama işleminin eklenmesi hem saf hem de talk dolgulu PP sistemlerinin çizilme direncini iyileştirdi.

Thridandapani ve ark. (2006) saf polipropilen ve polipropilen-kil nanokompozitlerin çizilmesi sırasında yüzey deformasyonunu araştırmıştır. Nanokil kullanımı, elastik geri kazanım ve mekanik olarak indüklenen çizilme hasarına karşı direnç üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Polipropilenin nanokil ile takviye edilmesi sonucunda kristallikte artış olduğu gözlemlenmiştir. Nanokil ile güçlendirme, daha yüksek çizilme direnci anlamına gelen bir “ütüleme”

mekanizması sunmaktadır ve daha yüksek çizilme direnci, daha düşük çizilme görünürlüğü ile doğrudan ilişkilidir.

Bu çalışmada, PP tabanlı talk ve yüksek uzunluk/çap oranına sahip volastonit katkılı kompozit malzemeler geliştirilmiştir. Ağırlıkça farklı oranlarda volastonit katkısının, kompozitlerin çizilme direncine etkisi incelenmiştir. Ayrıca çekme dayanımı, darbe dayanımı, sertlik testleri gerçekleştirilmiştir.

Materyal ve Metot

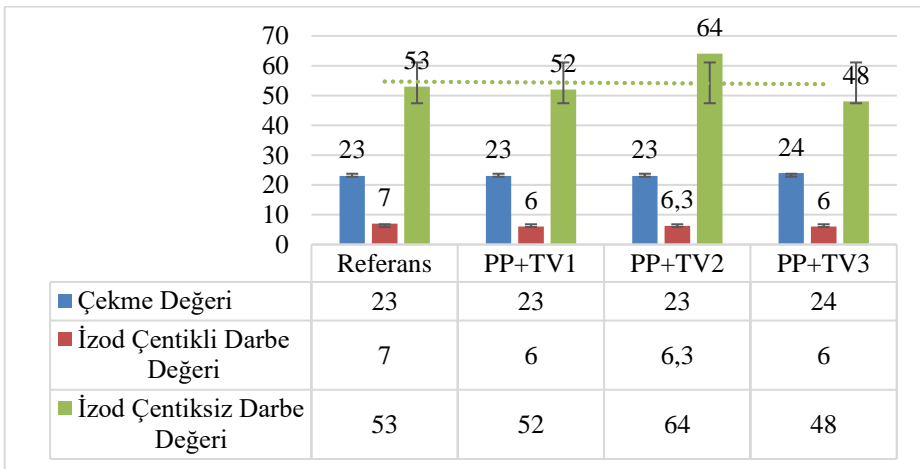
Bu çalışmada matris malzemesi olarak Polipropilen (Sabic, Suudi Arabistan), dolgu malzemeleri olarak talk (Gulmer Madencilik A.Ş, Türkiye) ve Volastonit (TREMİN, Almanya) kullanılmıştır. Çizilme direncine sahip kompozit malzemelerin üretiminde çift vidalı ekstrüzyon ve enjeksiyon kalıplama yöntemleri kullanılmıştır. Proses parametreleri(tork, sıcaklık, vida hızı vb) optimize edilmiştir.

ISO 1183 standardına göre yoğunluk tayini MS Densitometre kullanılarak yapılmıştır. ISO 48-4, ASTM D2240 standartlarına göre Shore D sertlik testi yapılmıştır. ISO 4586-2 standardına göre çapraz çizik testi gerçekleştirilmiştir. ISO 527 standardına göre maksimum çekme dayanımı testi Hegewald & Peschke çekme cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. ISO 180 standardına göre Izod darbe dayanımı testi gerçekleştirilmiştir. ASTM D7027-20 standardına göre beş parmak çizilme direnci testi yapılmıştır.

Bulgular

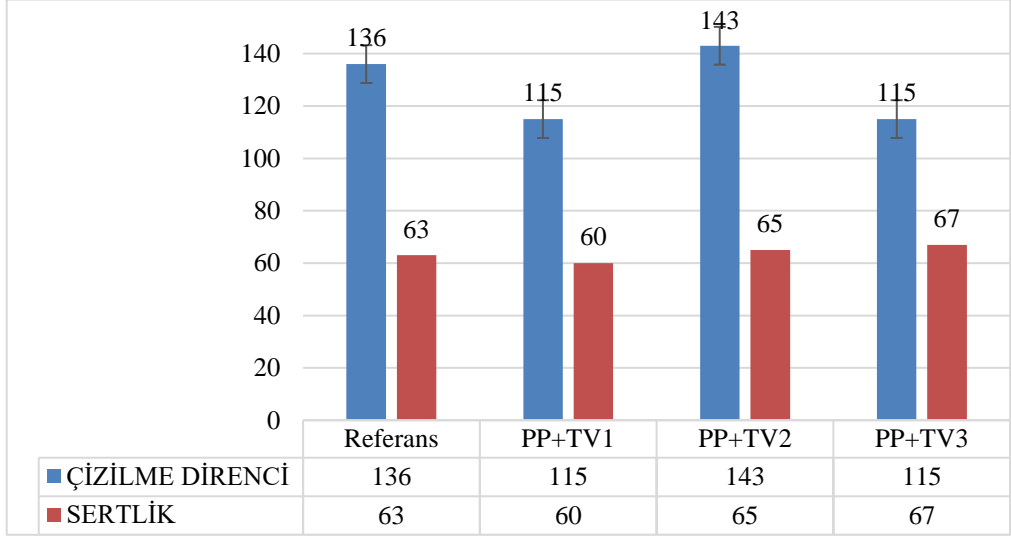
Aşağıda Tablo 1’de ağırlıkça farklı oranlarda talk ve volastonit katkılı PP tabanlı kompozit malzemelerin (PP+TV) mekanik karakterizasyon sonuçları verilmektedir. Sonuçlar %20 talk dolgulu PP referans alınarak karşılaştırılmıştır. Görüldüğü üzere farklı formülasyonların çekme dayanımı ve çentiksiz darbe değerlerinde fazla değişim olmamıştır. Fakat en yüksek izod çentiksiz darbe dayanımı PP+TV2 formülasyonunda elde edilmiştir.

Tablo 1 Mekanik sonuçların karşılaştırılması

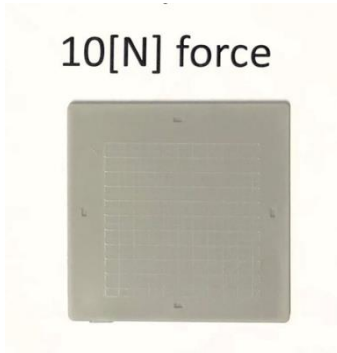


Tablo 2’de ise çizilme direnci ve sertlik sonuçları verilmektedir. Talk dolgulu PP içerisine volastonit eklenmesi belirli bir orana kadar çizilme direncini düşürmesine rağmen optimum oran olan PP+TV2 formülasyonunda en iyi sonucu vermiştir. Volastonitin formülasyon içerisinde daha fazla artması çizilme direncini olumsuz etkilemiştir.

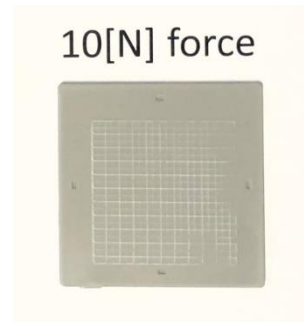
Tablo 2 Çizilme direnci ve sertlik sonuçları



Aşağıda Şekil 1’de ise Erichsen çarpaz çizik testi uygulanmış numunelerin Delta L değerleri gösterilmektedir. Mekanik test sonuçlarına göre belirlenen optimum formülasyonda referansa karşı delta L ölçümü yapılmıştır. Delta L değeri 1,67’den 1,32 değerine düşmüş ve gözle görülür bir iyileşme gözlemlenmiştir. Parlaklıktaki değişim delta L değeriyle ifade edilir. Delta L <1,0 sırasıyla yüksek çizilme direnci ve düşük çizilme görünürlüğü olarak kabul edilir. (Schininger, 2013)



Referans ürün Delta L =1,67



Delta L =1,32

Şekil 1 Erichsen çarpaz çizik ve Delta L ölçüm sonuçları

Sonuç

Geliştirilen PP tabanlı talk ve volastonit dolgululu malzemelerde elde edilen sonuçlar, hedeflenen çizilme direnci değerinin %5 oranında iyileştirilmiş olduğunu göstermektedir. Bu iyileştirme, özellikle otomotiv sektöründe kullanılacak olan malzemeler için oldukça önemli bir gelişme olarak öne çıkmaktadır. Üstelik, yapılan çalışmada standartların belirlediği Delta L değerinin altında bir sonuç elde edilmiş olması, malzemenin beklentileri karşılayabileceği ve gelecekteki uygulamalarda önemli bir rol oynayabileceği yönünde umut verici bir perspektif sunmaktadır. Bu bulgular, termoplastik tabanlı fonksiyonel malzemelerin farklı uygulamalarda özellikle otomotiv sektöründe kullanılmasına yönelik yeni çalışmaların önünü açacak niteliktedir.

Kaynakça

Chu, J., Rumao, L. (1997), Scratch and Mar Resistance of Filled Polypropylene Materials, Ford Motor Company Dearborn, Michigan, 481, 21.

Dasari, A., Rohrmann, J., Misra, R.D.K. (2004) On the scratch deformation of micrometric wollastonite reinforced polypropylene composites, *Materials Science and Engineering A*, 364 357–369

Gao, W. M., Wang, L., Coffey, J.K, Daver, F. (2018) Understanding the scratch behaviour of polymeric materials with surface texture, *Materials & Design Volume 146*, 15 May 2018, 38-48.

Xiang, C., Sue, H.J. (2001) Roles of Additives in Scratch Resistance of High Crystallinity Polypropylene Copolymers, *Polymer Technology Center Department of Mechanical Engineering Texas A&M University College Station*, 77843-31 23.

Thridandapani, R.R., Mudaliar, A., Yuan, Q., Misra, R.D.K. (2006) Near surface deformation associated with the scratch in polypropylene–clay nanocomposite: A microscopic study, *Materials Science and Engineering: A Volume 418, Issues 1–2*, 25 February 2006, Pages 292-302. Schininger, Pub. No.: US 2013/0203930 A1

Ekolojik Soğutma Teknolojileri için Çevre Dostu Soğutkanların Mikrokanal Yoğuşma Akışları

Anıl Başaran

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa-Yunusemre, Türkiye
SMEFF Makina Sanayi ve Ticaret A.Ş., Manisa-Yunusemre, Türkiye

anil.basaran@cbu.edu.tr

anil.basaran@smeff.co

Giriş

Soğutma sistemleri tasarlanırken, kullanılan soğutucu akışkanın türü ve sisteme olan uyumluluğun yanında çevresel etkileri de göz önüne alınmaktadır. Kloroflorokarbon (CFC), Hidrokloroflorokarbon (HCFC) ve Hidroflorokarbon (HFC) gazları, ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC-R) sistemlerinde çalışma akışkanları olarak kullanılmaktadır. Fakat bu gazlar küresel ısınmaya katkı sağlamaktadır (Başaran ve Özgener, 2013a). Bu nedenle Avrupa Birliği (AB) F-gaz emisyonlarını yönetmeyi ve yüksek küresel ısınma potansiyeli (GWP) değerleri nedeniyle çevresel etkileri azaltmayı amaçlayan F-gaz yönetmeliğini yürürlüğe koymuştur (Bulgurcu ve ark, 2007). Bu yönetmelik, sektördeki üreticileri daha verimli sistemler geliştirmeye ve hidrokarbonlar gibi azaltılmış soğutucu hacimlerini işleyebilen sistemlere geçiş yapmayı zorunlu hale getirmektedir (Başaran ve Özgener, 2013b). İzobütan (R600a) ve propan (R290) çevre dostu hidrokarbon türü soğutucu akışkanlardır (Demirci, 2020). R600a ve R290, çevre için tehlikeli soğutucu akışkanların potansiyel bir alternatifi olarak kabul edilir. R600a ve R290, sıfır ozon tüketme potansiyeli, düşük toksisite ve maliyet etkinliği gibi dikkate değer avantajlara sahiptirler.

Isı değiştirici tasarımlarında, küçük hacimlerden yüksek ısı akısı elde etmek aşılması zor bir problemdir. Son yıllarda gelişen mikro üretim teknolojileri ile mikrokanallı ısı değiştiriciler (MCHE’ler) kompakt tasarım eksikliğini gidermek için geleneksel ısı değiştiricilere alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Mikrokanallı ısı değiştiriciler kullanıldıkları sisteme, kompaktlık, ısı transferini iyileştirme, enerji verimliliği ve daha az soğutucu akışkan yüklemesi gibi üstün avantajlar sunmaktadır. Bu nedenle MCHE’ler, HVAC-R sistemleri, elektronik soğutma ve ısı pompası gibi endüstriyel uygulamalarda yer almaya başlamıştır. Bu kapsamda, mikrokanallar içerisinde R600a ve R290 soğutucu akışkanların kullanımı HVAC-R sistemlerinde enerji verimliliğini arttırmak için etkili bir stratejidir.

HVAC-R sistemlerinde mikrokanal ısı değiştiricilerinin kullanılmasıyla küçük hacimlerde faz değişimlerinin gerçekleşmesi kaçınılmaz hale gelmiştir. Mikrokanalların hidrolik çapının küçük olması, büyük kesitli kanallardan farklı olarak bir ısı transfer mekanizması ve akış rejimi oluşturmaktadır (Başaran, 2020). Dolayısıyla büyük kesitli kanallar için geliştirilen çok fazlı akış ile faz değişimi korelasyonları ve modelleri mikrokanallara uygulanamamaktadır. Faz değişimi ve çok fazlı akış, mikrokanal içi tek fazlı akış ve ısı transfer davranışı açıklanmaktadır.

Diğer yandan, çevre dostu hidrokarbon türü soğutkanların mikrokanal içi iki fazlı akışlarını farklı parametreler altında kapsamlı açıklayan çalışmalara literatürde rastlanmamıştır. Literatürdeki bu açığı kapatmak üzere sunulan bu çalışmada, mikrokanal içerisinde gerçekleşen faz değişimi ve çok fazlı akışın, çeşitli çevre dostu soğutkanlar, farklı ölçeklerdeki mikrokanallar ve çalışma koşulları için gerçekleştirilen nümerik çalışmalar ele alınmıştır. Mikrokanal içinde çevre dostu soğutucu akışkanların yoğunlaşma davranışlarını inceleyerek yoğunlaşma akış rejimlerinin mikrokanal tasarımına etkisi araştırılmıştır. Bu çalışma ile özellikle çevre dostu soğutkanlarla ilgili mikrokanal tasarımlarına yer veren sistemlerin enerji verimliliği üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Çevre Dostu Soğutucu Akışkanlar

Bir sistemde ısıyı bir ortamdan diğerine taşıyan ara maddeye, soğutucu akışkan veya diğer adıyla aracı akışkan denir. Soğutucu akışkanlar, genellikle düşük sıcaklık bölgesinden ısıyı alıp yüksek sıcaklık bölgesine taşıyarak bu işlemi gerçekleştirirler. Bu ısı transfer süreci, yoğunlaşma-buharlaşma hal değişimi süreçleri aracılığıyla meydana gelir. Soğutucu akışkanın özellikleri, ısı sistemlerinin verimliliğini doğrudan etkiler, bu nedenle doğru soğutucu akışkan seçimi büyük önem taşır (Başaran ve Özgener, 2013a; Başaran, 2020). Soğutucu akışkan seçimi, uygulamaya göre değişiklik gösterir ve sistem ekipmanlarının tasarımını büyük ölçüde etkiler. Ayrıca, sistemin ilk yatırım ve işletme maliyetleri, seçilen soğutucu akışkanın özelliklerine bağlı olarak belirlenir. Soğutucu akışkan seçiminde termo-fiziksel özellikler, kararlılık, çevresel etkiler, güvenlik ve uyumluluk, ulaşılabilirlik ve maliyet gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır (Chen ve ark., 2010).

Günümüzde oldukça hissedilebilir etkileri olan iklim değişikliği, küresel ısınma ve ozon krizi sanayide de oldukça önemli bir dalgalanmaya neden olmuştur. Bu sayede kullanılan sistemlerde soğutucu akışkan seçimlerinde, soğutkanların termo-fiziksel özellikler yanında çevresel etkilerini de göz önünde bulundurmamak kaçınılmaz bir durum olmuştur. Bu nedenle, düşük ozon tüketme potansiyeline sahip (Ozone Depletion Potential-ODP) ve çevre dostu yeni alternatif soğutucu akışkanlar üzerinde yapılan araştırmalar önem kazanmıştır. Soğutucu akışkanların çevreye verdiği zararı kontrol etmek ve sınırlamak amacıyla birçok görüşme gerçekleştirilmiştir. Bu görüşmelerin sonucunda, ozon tabakasını korumak için Montreal Protokolü, küresel ısınma ve iklim değişikliğini önlemek amacıyla ise Kyoto Protokolü imzalanmıştır (Başaran ve Özgener, 2013; Başaran, 2012). Tablo 1'e göre, soğutucu akışkanların çevresel etkilerini karşılaştırdığımızda; R290, R600, R600a, R601a gibi türler düşük ODP değerine ve küresel ısınmaya katkılarının çok düşük olmasına bağlı olarak çevre dostu bir seçenek olarak öne çıkmaktadır.

Tablo 1. Soğutucu Akışkanların Çevresel Özellikleri (Başaran ve Özgener, 2013a)

Soğutkan	Atmosferik Ömür	ODP	GWP
00R 11	45	1	4750
R 12	100	1	10900
R 13	6440	1	14400
R 22	12	0,055	1810
R 23	270	0	14800

“Mühendislik, Fen ve Sağlık Bilimleri’nde AR-GE ve İnovasyon Çalışmaları”

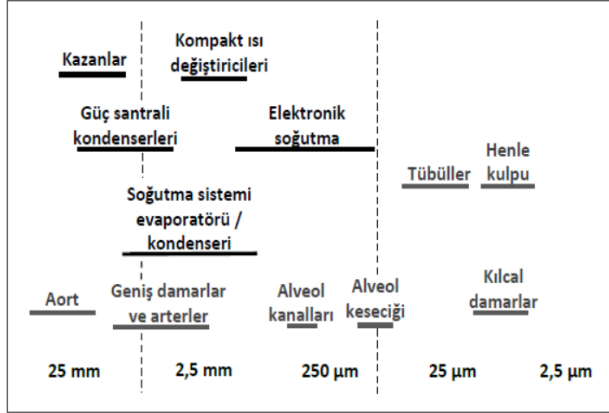
R 32	4,9	0	675
R 113	85	0,8	6130
R 114	300	1	10000
R 115	1700	0,6	7370
R 123	1,1	0,02	77
R 124	5,8	0,022	609
R 125	29	0	3500
R 134a	14	0	1430
R 141b	9,3	0,11	725
R 142b	17,9	0,065	2310
R 143a	52	0	4470
R 152a	1,4	0	124
R 227ea	34,2	0	3220
R 236fa	240	0	9810
R 245ca	6,2	0	693
R 245fa	7,6	0	1030
R 290	0,41	0	20
R 600	0,018	0	20
R 600a	0,019	0	20
R 601a	0,01	0	20

Çevresel etkileri en aza indirmek amacıyla çevre dostu soğutucu akışkanların tercih edilmesi ve sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesi son derece önemlidir. Endüstriler, araştırmacılar ve politikacılar, çevre dostu soğutucu akışkanların geliştirilmesi ve benimsenmesi için çeşitli çözümler üzerinde çalışmaktadır. Bu hedefe yönelik atılan adımlardan biri, Avrupa Komisyonu'nun 517/2014 numaralı F gaz regülasyonudur (Anon, 2014). Bu yönetmeliğin ana amacı, F gaz emisyonlarını kontrol altına almak ve F gazı miktarını aşamalı olarak azaltarak sınırlandırmaktır. 5 Ekim 2023'te Avrupa Komisyonu tarafından yapılan bir güncellemeyle, F gazlarının kullanımının 2015'e göre 2030'a kadar %95 azaltılması ve 2050'ye kadar sıfıra indirilmesi hedeflenmektedir (Anon, 2023).

Mikrokanallar

Mikrokanallar, mikrometre veya milimetre boyutlarındaki küçük kanallar olarak özel olarak tasarlanan yapılar arasında yer almaktadır (Zhang, 2023). Genel olarak mikrokanallar, hidrolik çapı 1000 µm'den küçük olan akış geçitleri olarak tanımlanmaktadır (Chandra ve Prakash, 2016) Endüstride kullanılan farklı boyutlardaki ısı değiştiriciler ile insan vücudundaki damarların karşılaştırılması Şekil 1'de sunulmuştur. Mikrokanallar, endüstriyel uygulamalarda giderek

daha fazla önem kazanan bir teknolojik unsur olarak öne çıkmaktadır. Mikrokanallar, birçok endüstriyel sektörlerde eşsiz avantajlar ve uygulama olanakları sunmaktadır. Mikrokanalların endüstriyel uygulamadaki önemli yerlerinden biri, soğutma sistemlerinde kullanılmalarıdır. Elektronik cihazlar, yüksek yoğunluktaki entegrasyon ve artan güçle birlikte daha fazla ısınma eğilimindedir. Mikrokanallar, bu tip sistemlerde ısı transferini etkili bir şekilde artırılabilir ve soğutma performansını en üst düzeye çıkarabilir. Ayrıca, kimyasal ve biyomedikal endüstrilerde mikrokanallar, mikro reaktörler ve mikro analiz cihazları gibi uygulamalarda kullanılmaktadır (Başaran, 2020).



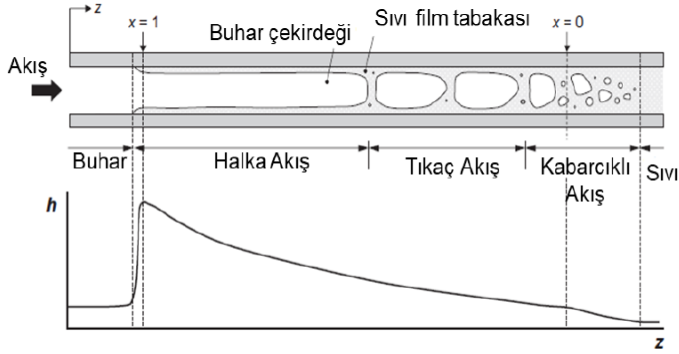
Şekil 1. Endüstride kullanılan farklı boyutlardaki ısı değiştiricileri ile insan vücudundaki damarların karşılaştırılması (Kandlikar ve ark, 2005).

Mikrokanal kondenserler, yüksek ısı transfer katsayıları ve yüksek yüzey alanı-hacim oranı ile ısı sistemleri için etkili bir seçenek sunmaktadır. Soğutma uygulamalarında, kompakt ısı değiştiricilerin kullanılması, faz değişim olaylarının küçük hacimlerde gerçekleşmesine neden olmaktadır. Hidrolik çapın küçülmesi ile mikrokanal içerisinde, büyük kesitli kanallardan farklı bir akış rejimi ve ısı transfer mekanizması ortaya çıkarmaktadır. Mikrokanallardaki akış sırasında kılcal etkiler daha belirgin hale gelirken, kaldırma kuvvetinin etkisi azalmaktadır. Başka bir deyişle, kanal boyutu azaldıkça, yer çekimine göre yüzey geriliminin önemi artmaktadır. Bu nedenle, yer çekimi ve atalet kuvvetlerinin hâkim olduğu büyük kanallar için geliştirilen yoğuşma ve buharlaşma modelleri mikrokanallara uygulanamamaktadır (Başaran, 2020).

Kondenserlerde, aracı akışkanın yoğuşarak faz değiştirdiği bir akış süreci söz konusudur. Ancak, mikrokanallardaki yoğuşma akışları üzerine yapılan çalışmalar, kaynama akışlarına kıyasla sınırlıdır (Bar Cohen ve ark., 2009). Bu nedenle, literatürdeki çalışmalar ışığında, mikrokanal yoğuşurucular için kanal içi faz değişim mekanizmalarının anlaşılması büyük önem taşımaktadır. Mikrokanallardaki yoğuşma akışını anlamak, ısı transfer katsayısı ve basınç düşümünün temelini oluşturan yoğuşma akışının karakterizasyonu ve akış rejiminin belirlenmesine dayanmaktadır (Başaran, 2020).

Akış rejimleri, kanal içerisindeki ısı transfer katsayısı ve basınç düşümü gibi parametreleri doğrudan etkilemektedir. Buradan yola çıkarak, çevresel olarak üniform bir ısı akışının uygulandığı mikrokanalda gerçekleşen yoğuşma için akış rejimleri ile ısı transfer katsayısının değişimi Şekil 2’de verilmektedir. Şekil 2’de gösterildiği gibi, akışkan, kanala buhar fazında tek bir faz halinde giriş yapar ve kanal duvarlarına uygulanan ısı akışıyla birlikte duvar boyunca kademeli olarak sıvı faza geçer. Halkasal akış rejimi, kanal boyunca akış yönüne doğru son

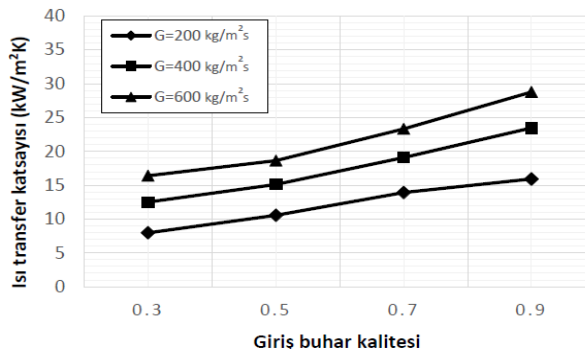
derece ince bir sıvı film tabakasının oluşumu ile başlar. Bu alanda sıvı film tabakası oldukça ince ve sıvı tarafından iletilen ısı direnci oldukça düşüktür. Bu nedenle, bu bölgede kanal içinde yüksek bir ısı transfer katsayısı elde edilir. Yoğuşma, sıvı film tabakasının kalınlaşmasına neden olarak kuruluk derecesini azaltır ve bu durumda yoğuşma ısı transfer katsayısı düşer. Bu süreçte, sıvı film kademeli olarak kalınlaşır, ardından tıkaç ve kabarcıklı akış rejimleri oluşur ve sonunda buhar tamamen yoğuşarak sıvı hale geçer. Bu akış rejimlerine bağlı olarak yoğuşma ısı transfer katsayısı kademeli olarak azalır (Başaran, 2020).



Şekil 2. Çevresel olarak uniform bir ısı akışı uygulanan mikrokanaal boyunca yoğuşma gerçekleşirken, akış rejimleri arasında ısı transfer katsayısı değişimi (Başaran, 2020).

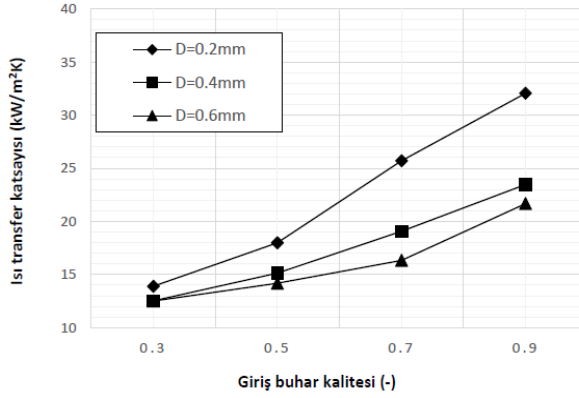
Çevre Dostu Soğutucu Akışkanların Mikrokanaal İçi Yoğuşma Akışları

Bu çalışmada, hidrokarbon türü soğutkanların (R290 ve R600a) mikrokanaal içi yoğuşma akışları nümerik olarak irdelenmiştir. Şekil 3'te, farklı kütle akırlarındaki R600a'nın yoğuşma akışının $D=0.4$ mm hidrolik çapa sahip mikrokanaal içerisindeki nümerik ısı transfer katsayıları verilmektedir. Şekil 3'te göre, artan kütle akışı, nümerik ısı transfer katsayısı da artmaktadır. Bu durum, artan kütle akışının ısı transfer hızını olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Kütle akışındaki artışla birlikte, nümerik ısı transfer katsayısında doğrusal bir artış olduğu görülmektedir. Aynı zamanda, Şekil 3'te görülmektedir ki buhar kalitesinin artması nümerik ısı transfer katsayısını da arttırmaktadır. ısı transfer katsayısının buhar kalitesi ile değişimi neredeyse sabit ve kütle akışının tüm değerleri için aynıdır. Bu durum, neredeyse paralel doğrusal bir değişime işaret etmektedir.



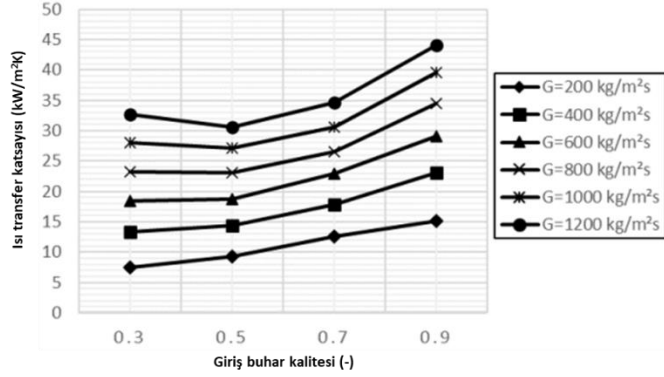
Şekil 3. D=0.4 mm mikrokandaki R600a’nın yoğunlaşma akışı için simüle edilen ısı transfer katsayılarının değişimi (Başaran, 2020)

Şekil 4, R600a soğutucu akışkanı için hidrolik çapın bir fonksiyonu olarak simüle edilen ısı transfer katsayısının, 400 kg/m²s kütle akısındaki değişimini göstermektedir. Bu şekilde çapın azalmasına bağlı olarak ısı transfer katsayılarındaki artış belirgin bir şekilde görülmektedir. Tüm çaplar üzerinde incelendiğinde, ısı transfer katsayılarının artan giriş buharı kalitesiyle paralel olarak arttığı gözlemlenmektedir, ki bu sonuçlar literatürdeki deneysel çalışmalarla tutarlıdır. Ek olarak, Şekil 4’te gözlemlenen duruma göre, hidrolik çapın ısı transfer katsayısı üzerindeki etkisi, özellikle düşük giriş buhar kalitelerinde daha düşük bir etkiye sahiptir. Ancak, daha yüksek giriş buharı kalitelerinde çap ile ilişkili ısı transfer katsayılarının artışı daha belirgin hale gelmektedir. D=0.4 ve D=0.6 mm’deki ısı transfer katsayısı değerleri, buhar kalitesinin tüm değerleri için benzerdir. Öte yandan, D=0.2 mm’deki ısı transfer katsayılarının artışı, D=0.4 ve D=0.6 mm’deki artıştan daha yüksektir. Tüm bu gözlemlere ek olarak, Şekil 4’te artan buhar kalitesinin ısı transfer katsayısı üzerinde artırıcı bir etkisi olduğu da görülebilmektedir (Başaran, 2020).



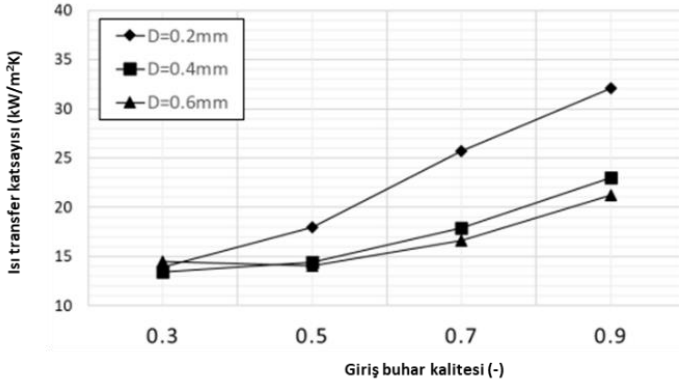
Şekil 4. G=400 kg/m²s kütle akısında, farklı çaplardaki mikrokandaki R600a’nın yoğunlaşma akışı için simüle edilen ısı transfer katsayılarının değişimi (Başaran, 2020).

Özellikle R290 gibi hidrokarbon soğutkanlar ele alındığında, mikrokandaki kondenser tasarımında bu tür soğutkanların potansiyel önemine rağmen, mevcut bilgilerin sınırlı olduğu görülmektedir. Bu çalışmanın temel hedefi, R290’nin mikrokandaki yoğunlaşma sürecindeki ısı transfer katsayısını belirleyerek, alana sayısal simülasyonlarla birlikte değerli bir katkı sağlamaktır. Şekil 5, R290’nin değişen kütle akışlarına bağlı olarak yoğunlaşma ısı transfer katsayısının değişimini göstermektedir. Bu sonuçlar, 0.4 mm çapındaki simülasyonlardan elde edilmiştir. Şekil 5’te açıkça görülebilir ki kütle akısındaki artış, ısı transfer katsayılarında bir artışa yol açar. ısı transfer katsayısı, kütle akısındaki hemen hemen lineer bir artış sergiler. Ayrıca, tüm düşünülen kütle akışları için, giriş buhar kaliteleri arttıkça ısı transferinde bir artış gözlenir. ısı transfer katsayısı, giriş buhar kaliteleriyle olan değişimde, neredeyse paralel ve hemen hemen lineer eğrilerle sonuçlanan, tüm kütle akış değerleri üzerinde tutarlı ve düzenli bir şekilde devam eder.



Şekil 5. Farklı kütle akışlarına bağlı olarak D=0.4 mm mikrokanaal içinde R290'in yoğuşma ısı transfer katsayılarının değişimi (Başaran, 2023).

Şekil 6'da mikrokanaal içinde R290'nün yoğuşma akışının nümerik ısı transfer katsayıları farklı çaplar için gösterilmiştir. 400 kg/m²s kütle akışı için hesaplanan ısı transfer katsayıları, mikrokanaal çapının azalmasıyla artış gösterir. Bu bulgular, mevcut literatürdeki deneysel çalışmalarla uyumludur. Isı transfer katsayısı, D=0.2 mm için D=0.4 mm ve D=0.6 mm ye göre daha belirgin bir artış gösterir. Aynı zamanda, D=0.4 mm ve D=0.6 mm çapları için ısı transfer değerleri, incelenen buhar kaliteleri boyunca nispeten küçük değişiklikler sergiler. Şekil 6'daki gibi, mikrokanaal çapının ısı transfer katsayısı üzerindeki etkisi, özellikle düşük giriş buhar kalitesi düzeylerinde, nispeten küçük olduğunu göstermektedir. Ancak, çap ile ilişkilendirilen ısı transfer katsayılarındaki artış, giriş buhar kalitesi değerleri arttıkça belirgin bir hale gelir (Başaran, 2020).



Şekil 6. R290'in mikrokanaal içinde yoğuşma akışı için tahmin edilen ısı transfer katsayılarının G=400 kg/m²s kütle akışı için değişimi (Başaran, 2023).

Sonuç

Bu çalışmada, çevre dostu soğutucu akışkan olarak hidrokarbon türü R600a ve R290'nün mikrokanaal içi yoğuşma akışları ele alınmıştır. Yapılan önceki nümerik çalışmalar ışığında,

soğutkanların mikrokanal içi yoğunlaşma akışı ısı transfer katsayıları irdelenmiştir. Buna göre bu çalışmanın sonuçları aşağıdaki gibi listelenebilir:

- Artan kütle akışı ve buhar kalitesinin nümerik ısı transfer katsayısını arttırdığı,
- Artan kütle akışının, yoğunlaşma sırasında buhar ve sıvı fazın hızlarını arttırdığı ve bu artışın nümerik ısı transfer katsayısının artmasına neden olduğu,
- Mikro kanal hidrolik çapındaki azalmanın ısı transfer katsayısını iyileştirdiği sonucuna varılmıştır.

Kaynakça

Anon. (2014). Regulation (EU) No 517/2014 of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on fluorinated greenhouse gases and repealing Regulation (EC) No 842/2006. Off. Official Journal of the European Union, 2014. Başaran, A., Özgener, L. (2013a). Doğaya zararlı halokarbon soğutkanların çevresel etkileri ve alınan önlemler. Mühendis ve Makine: 45-53.

Anon. (2023) EU. 2023. Commission welcomes agreement on new legislation to prevent 500 million tonnes of emissions from fluorinated gases and ozone depleting substances. Available From: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_4781 [Erişim tarihi: 16 Kasım 2023].

Bar-Cohen A., Cho, Y.I., Greene, G.A. (2009). Advances in heat transfer. Academic Press.

Başaran, A., Özgener, L. (2013b). Investigation of the effect of different refrigerants on performances of binary geothermal power plants. Energy Conversion and Management, 76: 483-498

Başaran, A. (2012). Binary Çevrimli Jeotermal Güç Santrallerinde Farklı Soğutucu Akışkan Kullanımının Performansla Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa, Türkiye.

Başaran, A. (2020). Buzdolapları için Mikrokanal Yoğuşturucu Tasarım. Doktora Tezi. Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa, Türkiye.

Başaran, A. (2023). Numerical investigation of heat and fluid flow in circular microchannel condensation of environmentally friendly R290 refrigerant. 14. International Conference on Computational Heat and Mass Transfer, 4-8 September 2023, Düsseldorf, Germany.

Bulgurcu, H., Kon, O., İlten, N. (2007). Soğutucu akışkanların çevresel etkileri ile ilgili yeni yasal düzenlemeler ve hedefler. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi: 915-927.

Chandra, S., Prakash, O.M. (2016). Heat Transfer in Microchannel Heat Sink. International Conference Recent Advance Mechanical Engineering, RAME 2016.

Chen, H., Goswami, D.Y., Stefanakos, E.K. (2010). A review of thermodynamic cycles and working fluids for the conversion of low-grade heat. Renewable and sustainable energy reviews, 14.9: 3059-3067.

Demirci, E. (2020). Doğal Soğutucu Akışkan Kullanımında Son Gelişmeler. Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi 6.3: 184-199.

Kandlikar, S., Garimella, S., Li, D., Colin, S., King, M.R. (2005). Heat transfer and fluid flow in minichannels and microchannels. Elsevier.

Zhang, X. (2023). Research progress on structural optimization design of microchannel heat sinks applied to electronic devices. *Applied Thermal Engineering*, 121294.

MCBÜ Hafsa Sultan Hastanesi Çatı GES Uygulaması ve Maliyet Analizi

Ayşe Canalp, Ayşe Bilgen Aksoy

Hasan Ferdi Turgutlu Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği,
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Türkiye

Giriş

Küresel nüfus yoğunluğunun artmasının yanı sıra endüstrinin hızla gelişimi enerji tüketiminin artışı da beraberinde getirmiştir. Enerji tüketimindeki kontrolsüz artışın ortaya çıkardığı çevresel ve ekonomik etkiler, ülkeleri gerek yerel gerek se küresel önlemler almaya ve alternatif enerji kaynaklarına yönlendirmiştir.

Alternatif enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması, küresel ısınmaya sebep olan emisyon gazlarının salınımının azalması açısından da önemlidir. Bu kaynakların başında dünyanın her yerinde ulaşılması mümkün olan güneş gelmektedir. Güneş enerjisi düşük ve yüksek sıcaklıkta uygulamaları olarak sınıflandırılan, pek çok alanda kullanılabilirliği olmakla birlikte direkt güneş enerjisinden elektrik üretimi sağlayan sistemler popülaritesini giderek arttırmaktadır. Buda araştırmacıları fotovoltaik panel (PV) çalışmalarına ivme kazandırmıştır. Literatürde PV araştırmalarının bir kısmı verimi etkileyen parametreleri ve verimliliğin artırılması üzerine yoğunlaşmıştır.

Rachch vd. (2016) sistemin genel verimliliğinden ödün vermeden, belirli bir alandaki toplam güneş paneli sayısını artırılmış enerji çıkışıyla maksimuma çıkarmak için yeni bir yaklaşım önermiştir. Enerji verimini artırmak için eğim açısı, eğim, kazanç faktörü, yükseklik açısı ve gölgeleme gibi kurulum parametreleri optimize edilerek kapasitenin ve üretilen enerjinin belirli bir arazi alanı için %25'ten fazla artırılabilceğini matematiksel analiz ile göstermişlerdir

Güneş pili sıcaklığının fotovoltaik panel performansı ve ömrü üzerindeki etkisi, bu teknolojinin en büyük dezavantajlarından biri olmaya devam etmektedir. Charfi ve ark. (2018) belirli bir fotovoltaik panelin deneysel bir çalışmasını yapmıştır ve bu panelin doğal havalandırmayı kolaylaştıran açık tasarımı sayesinde kendinden soğutmalı olup, özellikle günün sıcak saatlerinde performansının artmasına ve yüzeyinde toz birikmesinin önlenmesine yardımcı olmuştur. Daha sonra bu güneş sisteminin performansını açıklayan bir 3 boyutlu CFD modeli geliştirilmiş ve sayısal sonuçlar ile deneysel verilerin uyumlu olduğunu belirlemişlerdir. PV sistemlerinin verim artışını sağlayan diğer bir yöntem ise panelin soğutulmasıdır. Köse (2018) PV panellerin sıcaklığa bağlı enerji üretim verimini inceleyerek, önemli performans noktaları ortaya çıkartılmıştır.

Aghaei ve ark. (2020) modüller, dönüştürücüler, invertörler, depolama, şarj kontrol cihazı ve kablolar dahil olmak üzere PV sistemlerinin çeşitli bileşenleri ele almışlardır ve ayrıca şebekeye bağlı, bağımsız ve hibrit PV sistemleri gibi farklı türdeki PV sistemlerinin tasarımı ele alınmıştır. Ayrıca yazarlarımız PV sistemlerinin izleme yöntemleri, arıza tespitleri ve karakterizasyonları ile son olarak çevre ve iklim koşullarının PV sistemlerinin güvenilirliği ve dayanıklılığı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir (Aghaei vd 2020). Donanım üzerine yapılan diğer bir

çalışmada, Ali vd. (2018) tarafından gerçekleştirilmiştir. Yük enerjisi talebinin günlük bazda değerlendirilmesi ve güneş enerjisi sisteminin tasarım konfigürasyonu ve kurulumu için gerekli olan PV paneller, şarj kontrol cihazı, akümülatörler, invertör ve kablolar gibi diğer donanımlar dahil olmak üzere güneş enerjisi sisteminin farklı bileşenlerinin boyutlandırılması üzerine çalışmışlardır. Çalışmada ayrıca uygun yer/yer seçimine ve seçilen yerdeki güneş enerjisi kaynaklarının değerlendirilmesine yönelik yöntem sunmuşlardır (Ali vd. 2018)

Kurulması düşünülen PV santralin güç çıkışının miktarı ancak fizibilite çalışmaları ile öngörülebilir. Bu sebeple PV sistemlerin kurulumundan önce fizibilite çalışmaları ve tasarımları yapılmaz. Fizibilite çalışmalarında pek çok değişken göz önüne alınarak CO₂ salınımı, güç üretimi, kayıpları ve geri ödeme süreleri yaklaşık olarak belirlenebilir. Bunlar teorik olarak verilerin kullanılması (Maher 2019) ile yapılabildiği gibi GES için geliştirilmiş programlar kullanılarakta yapılabilmektedir.

Ma ve ark. (2014) fotovoltaiik sistem güç üretiminin ve performans tahmininin modellenmesi için bir simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Modelin simülasyon performansı diğer modellerle karşılaştırılmış ve dış mekân testleriyle daha da doğrulanıp; bu, önerilen modelin, özellikle karakteristik özelliklerde, PV modülünün tüm deneysel saha testi I-V eğrileri setine iyi uyduğunu göstermiştir.

Çatı yüzeylerinin güneşlenme süresi, mimari görünüm gibi sebeplerle, PV uygulamaları için tercih edilirliliği artmaktadır. Duman ve Güler (2020) çalışmasında 5 kW'lık çatı güneş paneli sistemleri, HOMER Grid kullanılarak simüle etmişler ve indirimli geri ödeme süresini 7,75-14,43 yıl, iç gelir oranını %6,87-13,68 ve karlılık endeksini 1,28-2,02 aralığında olduğunu bulmuşlardır.

Sarı (2019) çalışmasında PVsyst programı kullanılarak Güneş Enerjili Su Pompalama sistemi tasarlanarak, sisteminin kurulum maliyeti ile mevcut geleneksel yakıtlı sistemi ekonomik açıdan karşılaştırması yapılmış ve yakıt fiyatlarının aynı kalması durumunda Güneş Enerjili Su Pompalama sisteminin 7 yılda kendini amorti ettiğini bulmuşlardır.

Ali ve Emziane (2013) çalışmasında, Abu Dabi'de amorf silikon (a-Si) ve polikristal silikon (p-Si) teknolojilerinden faydalanan çatı üstü fotovoltaiik (PV) sistemini PVsyst ile simülasyonu yapılarak, amorf silikon yapıya sahip PV' nin yaz ve sonbahar mevsimlerinde daha iyi enerji performansı sağladığını hesaplanmıştır. Toplam 1023,08 kWp kurulu güce sahip PV sistemi 1500 ton/yıl CO₂ emisyonu salmaktan kurtardığı hesaplanmıştır. Nguyen ve Van (2021) çalışmasında Vietnam'ın Thu Dau Mot City şehrinde bir konut için 8.36 kWp'lik bir grid bağlantılı çatı üstü güneş enerjisi projesinin tasarımını, simülasyonunu ve ekonomik analizini sunmuşlar ve yıllık enerji üretiminin 11,106 kWh, 20 yıl boyunca tasarruf edilen CO₂ miktarının 174.9 ton ve yıllık ortalama sistem verimliliğinin %81,17 olduğu hesaplanmıştır.

Dalal ve diğerleri (2020) çalışmasında, Hindistan'ın Pune şehrinde kurulacak olan 1 KW'lık fotovoltaiik bir sistemi için PVsyst yazılımıyla sistemi tasarlayıp ve simüle etmişler ve üretilen toplam enerji miktarıyla sistemdeki oluşan kayıpları analiz etmişlerdir.

Dehwhah ve Asif (2019) çalışmasında Suudi Arabistan'ın Al-Khobar şehrindeki 33000 konutun çatısına kurulacak olan PV sistemini EnergyPlus programıyla simüle etmiş ve çatı alanının %25'i kullanıldığı takdirde elektrik ihtiyacının %19' unun karşılandığı hesaplanmıştır. PV'lerin eğimli ve düz uygulanması durumunda sırasıyla yıllık elektrik üretim potansiyeli sırasıyla 797 GWh ve 757 GWh olduğu ortaya çıkmaktadır. Baqir ve Channi (2022) çalışmasında Afganistan'ın Daykundi şehrindeki 700 kWp'lik bir şebeke bağlantılı güneş enerjisi santralinin

PVsyst yazılımı kullanılarak simülasyonunu yapılmış ve elektrik üretiminin 1266 MWh/yıl olduğu hesaplanmıştır.

KhareSaxena ve diğerlerinin (2021) çalışmasında Hindistan'ın Bhopal şehrinde bir enstitünün çatısına monte edilmiş 100 kWp güneş fotovoltaik enerji santralının simülasyonu ve enerji analizi gerçekleştirilmiş ve standart performans oranı ve santralin kapasite faktörü sırasıyla %80,72 ve %19,27 bulunmuştur. Santral kurulumunun, yılda 136 ton CO₂ salımını azaltma kapasitesiyle, 5,9 yıl sonra kar elde etmesini planlamışlardır.

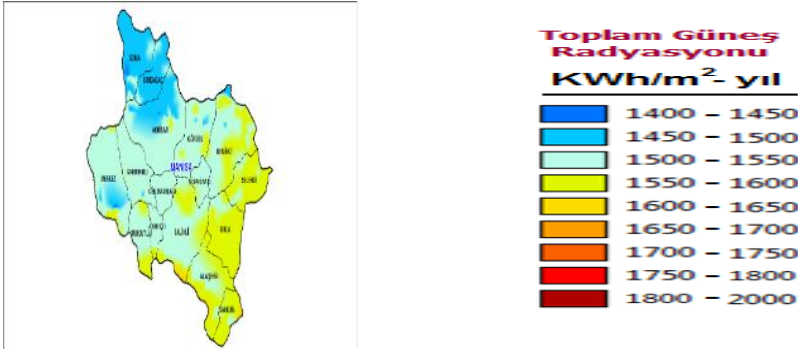
Ülkemizde de enerjide dışa bağımlılık ve fosil yakıtların neden olduğu çevresel sorunlar, enerjiye olan talep artışı, güneş enerjisini cazip bir alternatif enerji kaynağı haline getirmiştir. Sürdürülebilir bir iklim politikası ve enerji yönetimi için güneş enerjisi önemli bir rol oynamakta ve enerji üretim biçimimizi yeniden şekillendirmektedir. Kamu binalarının çatısına kurulan güneş paneli sistemleri, özellikle, kullanılmayan alanları değerlendirmek ve tüketilen enerjinin bir kısmının santralden karşılanması ile emisyon salımını azaltırken, enerji maliyetlerini düşüreceklerdir. Bölge itibari ile yoğun bir hasta sayısı ile karşı karşıya kalan, MCBÜ Hafsa Sultan Hastanesinde de artan hasta sayısına paralel olarak enerji ihtiyacı da her geçen gün artmaktadır. Bu sistemlerin tasarımı, kurulumu ve işletilmesi, kurum olarak önemli yatırım kararlarını beraberinde getirecektir. Hastane binasının çatısı üzerine, güneş enerjisi santralının kurulması durumu için, PVsyst programı kullanılarak GES tasarlanmış ve tasarlanan sistem, enerji verimliliği ve ekonomik analizler üzerinden değerlendirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Ülkemizin Güneş Potansiyeli

Ülkemiz güneşlenme süresi ve konumu itibari ile güneş enerjisi potansiyeli bakımından Avrupa ülkeleri arasında ilk sırada yer almaktadır.

Hastanemiz Manisa ili Yunussemre ilçesinde olup, güneş enerji potansiyeli verileri Şekil 1’de gösterilmiştir.

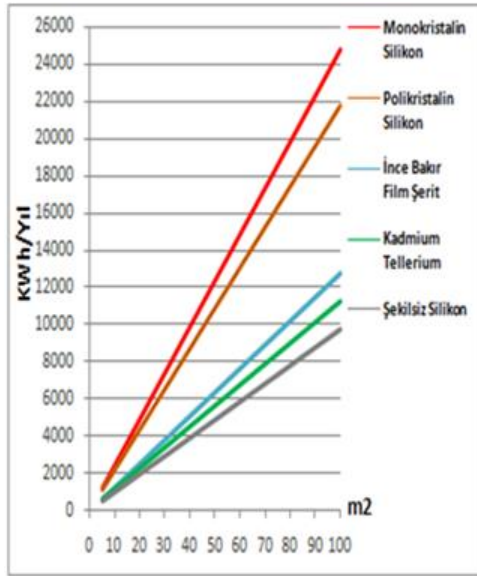


Şekil 1: Manisa İli Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)

Güneş Paneli

Fotovoltaik hücreler (Photovoltaic, PV) ışınım enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken malzemelerden meydana oluşturulmaktadır. Fotovoltaik hücrelerinin farklı geometrik şekillerde ve genellikle 100 cm² civarında üretilirler. Bu hücreler seri ve paralel bağlanır Güneş (PV panel) panellerini meydana getirir.

Farklı malzemelerden yapılmış PV panellerin üretebileceği güçlerde birbirinden farklıdır. Bölgenin parametrelerine göre de üretim güçleri değişmektedir. Programa girilen bilgiler arasında yer alan PV tipi bilgileri için bölgesel olarak oluşturulmuş grafiklerden faydalanılabilir. Şekil 2’de Manisa Merkez PV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji (kWh-Yıl) (GEPA) miktarı yer almaktadır.



Şekil 2 Manisa Merkez PV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji (kWh-Yıl) (GEPA)

Şekil 2’de yer alan grafikten de anlaşılacağı gibi bu bölge için monokristal-silikon tip PV modüller diğer PV modüllere oranla, birim alan için en yüksek enerji üretim miktarına ulaşmaktadır.

Bu sebeple tasarlanan çatı üzeri GES için monokristal-silikon tip PV modülleri tercih edilmiştir.

GES uygulama programı

PV sistemlerinin analizi için, PVsyst, Expert, PVGIS, PVSOL gibi birçok simülasyon programı vardır (Bolat vd. 2020). Ancak yapılan literatür taramasında, gerçek sonuçlar ile simülasyon sonuçları arasında az bir fark olması (Haydaroğlu, Gümüş, 2016, Chandel 2021) nedeni ile bu

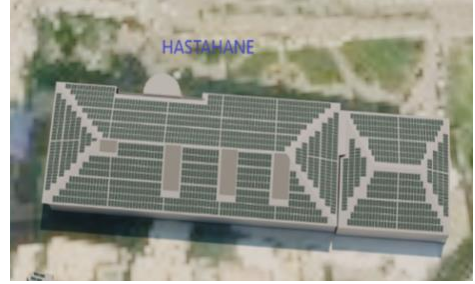
çalışmada PVsyst programı kullanılarak GES tasarımı yapılmıştır. Kullanılan programın versiyonu PVsyst Version 7.3.1’dir.

PVsyst programı ile şebekeye bağlı veya bağımsız, pompa ve DC üretim sistemlerinin ayrı ayrı tasarımı yapılabilmektedir. Öncelikle PVsyst programına santralin kurulacağı bölgenin bilgileri girilerek, bölgenin programda yer alması durumunda programdan, bölgenin program veri tabanında olmaması durumunda farklı veri tabanlarından meteorolojik veriler elde edilebilir. Bölge tanıtımı ve meteorolojik sonrasında belirlenen PV modül ve inverter seçimi bilgileri girilir. Çatının alanı ve açısına göre en uygun yerleşimle PV modüllerin yeri ve sayısı mimari çizimle belirlenmiştir. PVsyst programına konum bilgilerini girilmesi ile güneş potansiyeline göre üretebileceği enerji miktarları belirlenmiştir.

Program ile binamızın çatısına yerleştirilen güneş panellerinin konumlandırıldığı, çatının görünümü Resim 1’de, PV panellerin çatı yerleşim planları Resim 2’de verilmiştir.



Resim 1 Hastane Çatı Görünüşü



Resim 2 Güneş panellerinin çatı üzerine PVsyst programı ile yerleşim planı

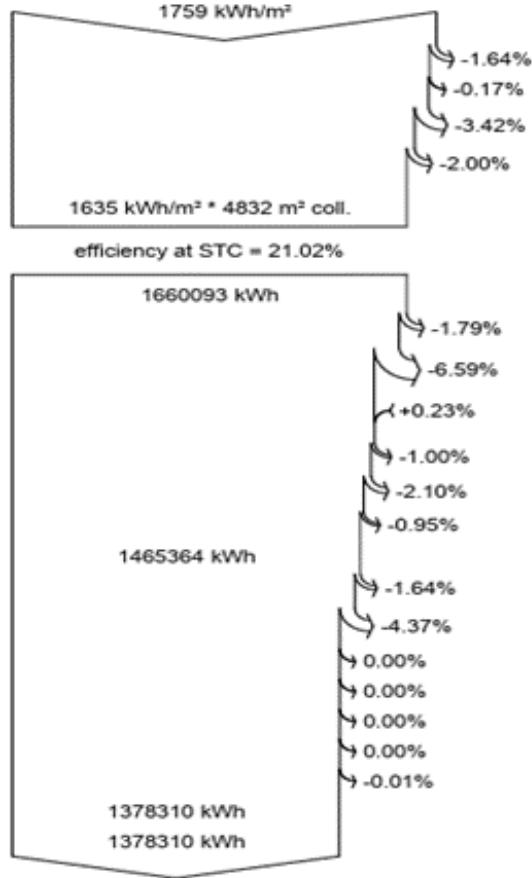
Bölge bilgilerinin yer aldığı proje özeti, alan, açı bilgilerinin yer aldığı sistem özeti PVsyst ekranı Resim 3’te verilmiştir.

Project summary		
Geographical Site	Situation	Project settings
Dere	Latitude 38.81 °N	Albedo 0.20
Turkey	Longitude 27.38 °E	
	Altitude 123 m	
	Time zone UTC+3	
Meteo data		
Dere		
Meteonorm 8.1 (2005-2013), Sat=08% - Synthetic		
System summary		
Grid-Connected System	Ground system (tables) on a hill	User's needs
PV Field Orientation	Near Shadings	Unlimited load (grid)
Fixed planes 8 orientations	Linear shadings	
Tilt/azimuths 12.9 / -171.9 °		
13.8 / -81.9 °		
10.8 / -171.9 °		
12.9 / 8.1 °		
13.8 / 98.1 °		
18 / 98.1 °		
10.8 / 7.7 °		
17.9 / -81.9 °		
System information		
PV Array	Inverters	
Nb. of modules 1800 units	Nb. of units 8 units	
Prom total 1014 kWp	Prom total 800 kWac	
	Prom ratio 1.267	

Resim 3 PVsyst Programı Ekranı

PV panellerde, dolayısıyla GES’de diğer sistemlerde olduğu gibi kayıplar oluşmaktadır. Bu kayıpların çoğunluğunu dizi kayıpları oluştururken (Turan 2022), iklim şartlarının ve hava kirliliğinin oluşturduğu olumsuz etkilerde kayıplara neden olmaktadır. Sistem tasarım hataları da kayıplara neden olan diğer bileşenlerdir.

Çatı üzeri GES sisteminin Enerji akış diyagramı Şekil 4’te verilmiştir.

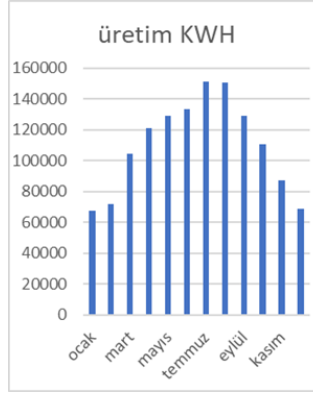


Şekil 3 PVsyst ile Enerji Akış Diyagramı

Yıllık bazda ise 1378310 kWh net enerji çıkışı sağlanabileceği PVsyst programı ile hesaplanmıştır. Tasarımı yapılan çatı üzeri GES sisteminin kirlenme ve lam kayıpları %7,23olarak belirlenmiş ve ortalama verimin %78.06 olduğu belirlenmiştir.

PV modüllerin kayıplarının en büyük yüzdeliği %6,59 inverter kayıpları oluştururken bu oranı %4.37 ile Lid ve Joule kayıpları olduğu Enerji akış diyagramdan görülmektedir.

GES Sisteminde toplam 4832 m² alana sahip PV panelden 1759 kWh/m² enerji üretimi beklenirken bu değer kayıplarla 1635 kWh/m² düşmektedir. Panellerin aylık enerji üretim miktarları Şekil 4’te verilmiştir



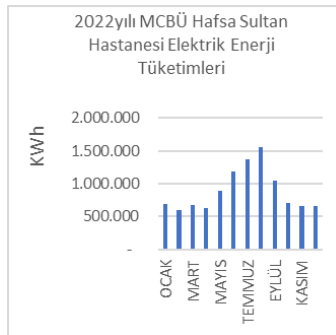
Şekil 4 Güneş Panellerinin aylık üretim miktarları

En yüksek üretim miktarları temmuz ve ağustos aylarında yakalanırken, kasım ayından mart ayına kadar güneşlenme süresi ve ışınım miktarına bağlı olarak oldukça düşmektedir.

Maliyet Analizi

Program ile çatı üzerine 1860 adet 545w panel yerleşimi yapıldığında yıllık 1.378.310KWh yaklaşık enerji üretimi yapılacağı görülmektedir. Bu miktar mevsim şartlarına göre değişiklik gösterecektir. Çatı üzerine kurulacak sistem ile yıllık elektrik enerjisi ihtiyacının %12’sini GES ile üretilen elektrik enerjisinden karşılanmış olacaktır. Yukarıda belirtilen sistemin maliyeti yaklaşık 650.000 dolar olup, yaklaşık 19.500.000,00 TL dir.

MCBÜ Hafsa Sultan Hastanesinde yıllık kullanılan enerji miktarı yaklaşık olarak 10.655.000 kWh dir ve hastanemizin 2022 yılı elektrik enerjisi tüketimleri aşağıda grafikte aylık olarak verilmiştir.



Şekil 5 MCBÜ Hastane 2022 Enerji Tüketim Değerleri

Ulusal tarife göre 2023 yılı kasım ayı ticarethane enerji birim fiyatının 4.4516 tı olduğu görülmüştür. Ulusal tarife göre üretimin maddi değeri

6.135.684,80TL bulunmuştur.

Basit geri ödeme süresi yöntemi ile hesapladığımızda;

$$\text{Geri ödeme süresi} = \frac{\text{Toplam Yatırım}}{\text{Yıllık Fayda}}$$

$$x = \frac{19500000}{6135684} = 3.18 \text{ yıl}$$

Sistemin enerji verimliliğini ölçmek için, günlük ve mevsimsel güneş ışığı değişimlerinin yanı sıra, hava koşullarının etkisi düşünülmüştür. Sistemin bakımlarını Kurumun iç kaynakları kullanılarak yapıldığı varsayılmıştır.

Sonuç

MCBÜ Hafsa Sultan Hastanesi binasının çatı üzerine güneş enerjisi sisteminin kurulmasının ve maliyetinin analizi yapılmıştır. Bu sistem ile yaklaşık en fazla 3,5 yıl sonra yatırımın maliyetinin kendini karşılayacağı görülmüştür. Alternatif olarak düşünülen kojenerasyon ve trijenerasyon sistemlerin son yıllardaki elektrik enerjisi üretim maliyetleri ve sistemin bakım maliyetleri düşünüldüğünde kazanç sağlamadığı görülmüştür. Güneş enerjisi sistemi ile üretilen yıllık 1378310KWh elektrik enerjisi ile doğaya 6781 ton daha az karbon emisyonu salınacaktır.

Hastane gibi büyük alanlarda kurulu binalarda çatı güneş enerjisi sisteminin kurulmasının sürdürülebilir çevre ve enerji yönetimine katkı sağlayacağı açıkça görülmektedir. Ekonomik anlamda da katkı sağlayacak olup verimsizlikler tekrar değerlendirilerek, önlenebilir olanlar bertaraf edilerek, verim artışı sağlandığında geri ödeme süresi daha da kısalmaktadır.

Kaynakça

- Aghaei, M., Kumar, N. M., Eskandari, A., Ahmed, H., de Oliveira, A. K. V., Chopra, S. S. (2020). Solar PV systems design and monitoring. In Photovoltaic Solar Energy Conversion (pp. 117-145). Academic Press.
- Ali, M.A, Emziane, M. (2012). Performance Analysis of Rooftop PV Systems in Abu Dhabi. Energy Procedia, 2012;42, 689 – 697.
- Ali, W., Farooq, H., Rehman, A. U., Awais, Q., Jamil, M., Noman, A. (2018, November). Design considerations of stand-alone solar photovoltaic systems. In 2018 International conference on computing, electronic and electrical engineering (ICE Cube) (pp. 1-6). IEEE.
- Baqie, M., Channi, H.K. (2022). Analysis and design of solar PV system using Pvsyst software. Materialstoday: proceedings, 2022; 48(59), 1332-1338.
- Bolat, M., Arifoğlu, U., Demiryürek, H. K. (2020). Lebit enerji güneş santralinin PVsyst programı ile analizi. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 9(3), 1351-1363.
- Charfi, W., Chaabane, M., Mhiri, H., Bournot, P. (2018). Performance evaluation of a solar photovoltaic system. Energy Reports, 4, 400-406.
- Dalal, S., Jadhav, V., Raut, R., Narkhede, S. (2020). Analysis of 1KW Solar Rooftop System by Using PYSyst. 2nd International Conference on Communication & Information Processing (ICCIP). 2020.

Dehwah, A.H.A., Asif, M. (2018). Assessment of net energy contribution to buildings by rooftop photovoltaic systems in hot-humid climates. *Renewable Energy*, 2019; 131, 1288-1299. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.08.031>

Duman, A.C., Güler, Ö. (2020). Economic analysis of grid-connected residential rooftop PV systems in Turkey. 2020; 148:697-711. DOI: [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.RENENE.2019.10.157](https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.10.157)

Haydaroğlu, C., Gümüş, B. (2016). Dicle Üniversitesi güneş enerjisi santralının PVsyst ile simülasyonu ve performans parametrelerinin değerlendirilmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 7(3), 491-500.

KhareSaxena A, Saxena S, Sudhakar K. (2021). Energy performance and loss analysis of 100 kWp grid-connected rooftop solar photovoltaic system. *Building Services Engineering Research and Technology*. 2021;42(4):485-500. doi:10.1177/0143624421994224

Köse Ercan (2018). Fotovoltaik sistemlerin sıcaklığa bağlı enerji verimliliği performansının analiz edilmesi. *Dünya Multidisipliner Araştırmalar Dergisi*, 2018(2), 39-53.)

Ma, T., Yang, H., Lu, L. (2014). Solar photovoltaic system modeling and performance prediction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 36, 304-315.

Maher, A. M. (2019). Generation unit sizing, economic analysis of grid connected and standalone PV power plant. *International Journal of Energy Applications and Technologies*, 6(1), 1-7.

Nguyen, T.B., Van, P.H. (2021). Design, Simulation and Economic Analysis of A Rooftop Solar PV System in Vietnam. 8(35):e11. DOI: <https://doi.org/10.4108/eai.27-1-2021.168504>

Rachhh, R., Kumar, M., & Tripathi, B. (2016). Solar photovoltaic system design optimization by shading analysis to maximize energy generation from limited urban area. *Energy conversion and management*, 115, 244-252.

Sarı, E. (2019). PVSYST Yazılımı Kullanılarak Örnek Bir Güneş Enerjili Su Pompalama Sistemi Tasarlanması ve Konvansiyonel Sistemlerle Karşılaştırılması. *Hacettepe Üniversitesi, Temiz Tükenmez Enerjiler Anabilim Dalı, Yüksek lisans Tezi*. 2019.

Turan, O. (2022). 1 MWp Kapasiteli Çatı Tipi Dağıtık Güneş Enerji Santralının Tasarımı ve Simülasyon Uygulaması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 34(2), 609-626.

<https://www.epdk.gov.tr/detay/> Erişim tarihi: 12/12/2023

<https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/45.aspx> (Erişim Tarihi: 08/12/2023

<https://www.egeorman.org.tr/hesaplayicilar/karbon-ayakizi/> Erişim tarihi: 20/12/2023

Çamaşır Makinelerinde Kullanılan Sac Kasnak Tasarımının Sonlu Elemanlar Analizi ile İyileştirilmesi

Baran Bağriyanık*, Eren Solak, Emre Yılmaz, Servet Kaptı

¹Vestel Beyaz Eşya San. ve Tic. A.Ş, Ar-Ge Departmanı,

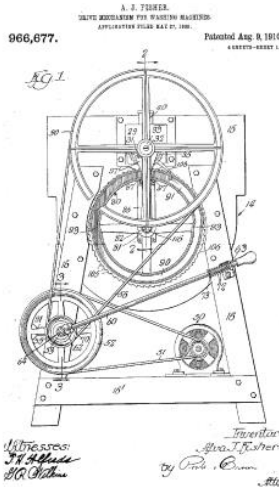
Yunusemre/Manisa, Türkiye

*baran.bagriyanik@vestel.com.tr

Giriş

Son zamanlarda teknolojik gelişmeler ve günden güne hızlı bir şekilde ilerleyen inovatif buluşların etkisi ile tüketici toplumundaki talepler artmaktadır. Artık dünya üzerindeki herhangi bir ürün, bozulmasa dahi modası geçtiği ya da daha kaliteli ürünler satışa çıkmasından dolayı değiştirilmektedir. Bu duruma üretici firmaların çözümleri ise sürekli inovatif çözümler üretme yoluna giderek; mevcut olan makineleri, makineleri oluşturan alt grupları ve makine parçalarını güncellemek ve müşteri taleplerini karşılamak üzerinedir. Çamaşır makineleri de diğer makinelerde olduğu gibi son yıllarda sürekli değişim ve gelişim içerisinde. Yapılan değişiklikler ile hem daha kaliteli ürün elde etmek, hem de olabildiğince bu gelişimleri az maliyet ile yapmak hedeflenmektedir (Özer, 2016). Bu iki durum göz önüne alınarak, maksimum verim ve kaliteli ürün arasında bir denge kurulmalıdır.

Çamaşır makineleri, her evde bulunan ve efektif olarak kullanılan beyaz eşyaların başında gelmektedir. Çamaşır makinelerinin tarihinden bahsetmek gerekirse; günümüzdeki çamaşır makinesi tanımına en çok uyan tasarım, 1908 yılında Amerikalı mühendis ve mucit olan Alva John Fisher tarafından yapılmış olup, 9 Ağustos 1910 tarihinde patenti alınmıştır (Maxwell,1910). Şekil 1’de John Fisher’ın almış olduğu patentte bulunan görsel görülmektedir.



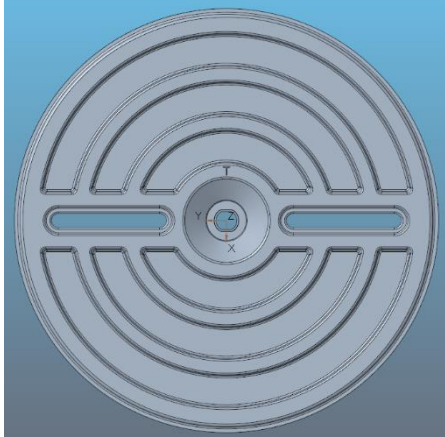
Şekil 1. Patent alınan ilk çamaşır makinesi (Maxwell,1910)

Şekil 1’de görülen sistem; günümüzdeki çamaşır makineleri ile aynı çalışma prensibine sahip olan basit bir modeldir. Elektrik enerjisi ile dönen tamburun içerisine kirli çamaşırların sürekli su temas etmesi ile çamaşırların temizlenmesi sağlanmaktaydı. Hareketin iletimini sağlamak için günümüzde de olduğu gibi kayış-kasnak mekanizmasından yararlanıldığı görülmektedir. Her ne kadar aynı sistem yardımı ile güç iletiminin sağlandığı düşünülse de modern makineler günümüzde dakikada 1400-1600 devir bantlarında çalışabilmektedir. Bu yüksek devirler ve yıkama ajitasyonlarındaki yoğunluklar sebebi ile sistemin parçalarının yüksek mukavemette olması bir gerekliliktir. Bunun yanında; makinenin çalışma esnasında oluşan titreşimlerden dolayı makine elemanlarının doğal frekans değerlerinin çalışma aralığı dışında olması zorunludur. Aksi takdirde komponentin doğal frekans değerlerine yakın şekilde gelen titreşimler gürültü oluşumuna ve az zamanda ciddi hatalara sebep olabilmektedir.

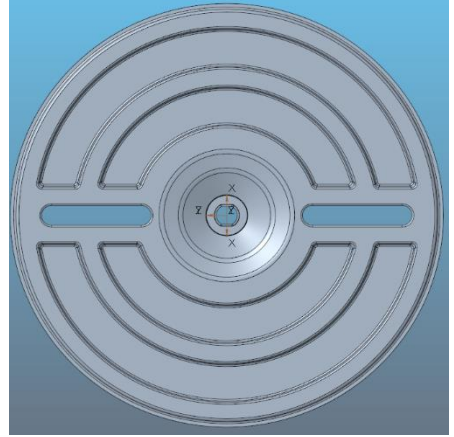
Bu bildiri kapsamında, çamaşır makinelerinde kullanılan sac kasnakların hatalı üretim adetlerinin düşürülmesi için bir tasarım çalışması yapılmıştır. Çalışmaya; dış ölçüler sabit kalacak şekilde kasnak tasarımının, bilgisayar destekli çizim programı olan Creo yardımı ile değiştirilerek yeni revizyonlar yapılmıştır. Oluşturulan modeller arasında en iyi sonuçları veren model ile mevcut kullanılan tasarım arasında karşılaştırmalı analiz yöntemine başvurulmuştur. Karşılaştırma kısıtları olarak modellerin statik, dinamik, yorulma ve modal analizlerdeki sonuçlarına odaklanılmıştır.

Firmamız bünyesinde kullanılan sac kasnakların üretimleri esnasında çeşitli deformasyonların görülmesi, yırtılmaların oluşması, üründe bölgesel olarak incelmelerin oluşması, malzeme üzerindeki galvaniz kaplamanın çıkması gibi durumlar görülmektedir.

Bu sebeplerden ötürü; dolaylı yoldan hammadde kullanım verimliliğinin düşmesi ve üretim hızının düşmesi gibi olumsuz durumlar ortaya çıkmaktadır. Çözüm olarak dış ölçüleri aynı kalacak şekilde, farklı kasnak tasarımları çalışmıştır. Çalışılan kasnaklar arasında en başarılı sonuçları veren model ile mevcut tasarım arasındaki fark Şekil 2 ve Şekil 3’te görülmektedir.



Şekil 2. Mevcut Tasarım



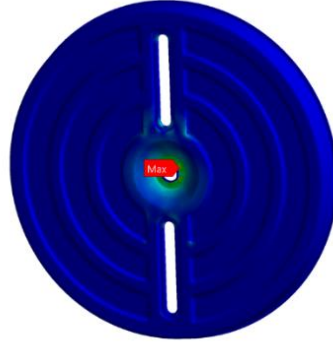
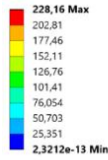
Şekil 3. Yeni Tasarım

İki model arasındaki karşılaştırma için sonlu elemanlar yönteminin kullanıldığı (FEM) ANSYS yazılım paketi tercih edilmiştir. Dalkılınc’ın 2016’da kullanmış olduğu yöntemlere dayanarak, sıkma evresinde 1400 d/d ile dönen bir tambur kasnağının üzerine gelen kuvvet 484,9 N olarak hesaplanmıştır. Kayışın tambur kasnağını sarım açısı da 225° olarak hesaplanmıştır. Buna bağlı

olarak statik, dinamik, yorulma ve modal analizler yapılmıştır. Analizlerin mesh adımında her iki tasarım için de 8mm eleman boyutu ile sınırlandırılmıştır. Hassas noktalarda face meshing aracından faydalanılmıştır. Yaklaşık olarak her iki modelde de 120000 düğüm noktası ve 60000 eleman kullanılmıştır.

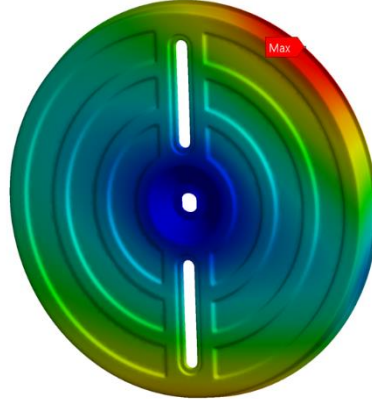
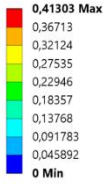
Statik analiz kapsamında, her iki model de göbek kısmından sabitlenmiştir ve hesaplanan kuvvet, maksimum gerilme ve sehim oluşturacak şekilde kasağa etki ettirilmiştir. Şekil 4 ve Şekil 5 de mevcut üretimde kullanılan kasağın maksimum gerilme ve sehim değerleri gösterilmektedir. Sonrasında her iki modelde oluşan deformasyon ve maksimum Von Misses gerilme değerleri Tablo1’e işlenmiştir.

A: Eski Versiyon-Statik Analiz1
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



Şekil 4. Eski tasarımın hesaplanan yükleme kuvveti sonucunda oluşan maksimum gerilme

B: Eski Versiyon-Statik Analiz2
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1

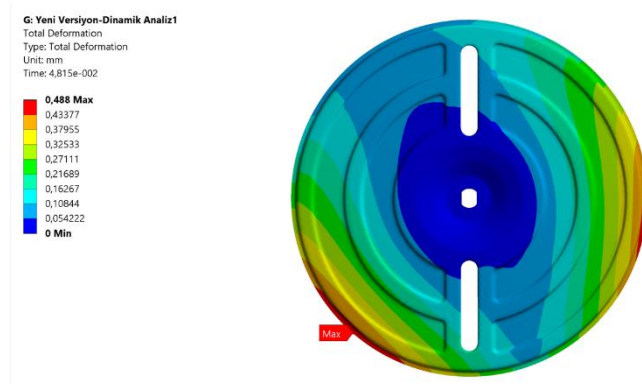


Şekil 5. Eski tasarımın hesaplanan yükleme kuvveti sonucunda oluşan maksimum sehim

Tablo1. Statik analiz sonucunda mevcut tasarım ve yeni tasarım arasındaki değerler

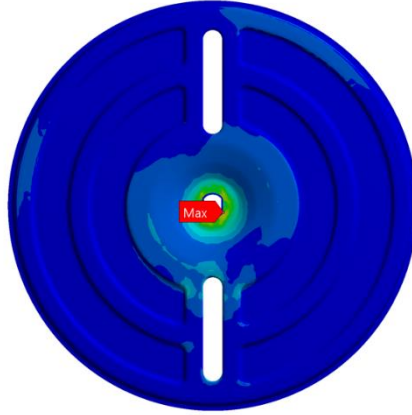
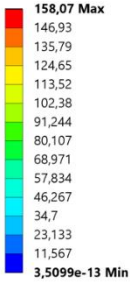
Statik Analiz		
Parça Adı	Toplam Deformasyon (mm)	Maximum Gerilme (MPa)
Mevcut Tasarım	0,41303	228,16
Yeni Tasarım	0,39165	183,56
Yüzde İyileştirme	5,18%	19,55%

Bilindiği üzere, çamaşır makinesinin çalışması esnasında kasnağın üzerine gelen kuvveti sadece statik bir analiz ile simüle etmek yetersiz kalacaktır. Buna istinaden, dinamik analiz de çalışma kapsamında gerçekleştirilmiştir. Dinamik analiz için, hesaplanan maksimum yük miktarı süre ile ilişkilendirilerek konumu değiştirilmiştir. Kasnak bir tur attığı zaman analiz sonlandırılmıştır. Kuvvetin uygulama süresi yaklaşık 0,042 saniyedir. Şekil 6 ve Şekil 7 de dinamik koşullar altında yeni tasarım kasnak üzerinde meydana gelen maksimum sehim ve Von Misses gerilme miktarları belirtilmiştir.



Şekil 6. Yeni kasnak tasarımı üzerinde dinamik yükleme sonucu meydana gelen maksimum deformasyon miktarı

G: Yeni Versiyon-Dinamik Analiz1
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 4,815e-002

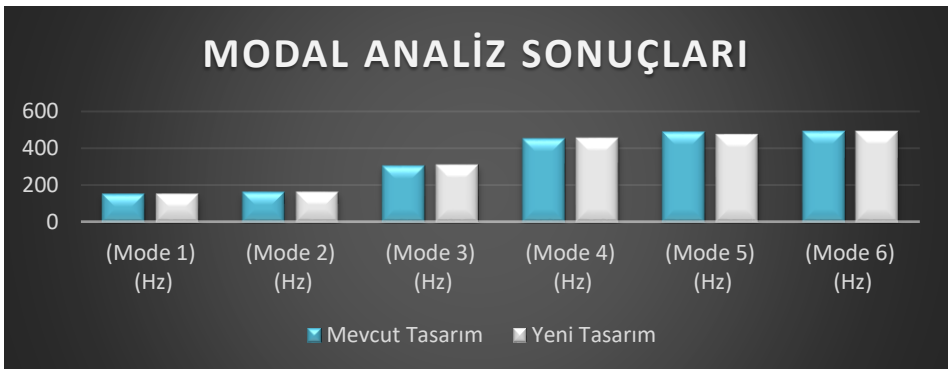


Şekil 7. Yeni kasnak tasarımı üzerinde dinamik yükleme sonucu meydana gelen maksimum gerilme

Yapılan dinamik analiz sonucunda; yeni yapılmış olan tasarım ve mevcut tasarım karşılaştırıldığında maksimum gerilme miktarında %20, maksimum deformasyon miktarında ise %9 a yakın iyileşme görülmüştür.

Bunlara ek olarak çamaşır makineleri, uzun ömür garantisi verilen cihazlar olduğu için, yapılacak herhangi bir iyileştirmeden sonra yeni tasarımın yorulma testlerine ya da ömür testlerinde kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda; sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan dinamik analiz, 2000000 cycle ve zero based yükleme koşullarında yorulma analizine dönüştürülmüştür. Analiz sonucunda benzer şekilde, aynı yükleme koşulları altında yeni tasarım kasnağın mevcut kasnağa göre %26 oranında daha yüksek emniyet katsayısına sahip olduğuna ulaşılmıştır.

Tablo 2. İlk altı mod için yeni tasarım kasnak ve mevcut kasnağın doğal frekans değerleri



Çamaşır makinelerini geliştirme konularının başında çalışma esnasındaki sesi giderme gelmektedir. Çünkü iyi izole edilmemiş olan bir çamaşır makinesi dinamik yapısından ötürü gürültüye sebep olabilir. Bu yüzden yapılan herhangi bir yeni tasarımda parçanın, makinenin çalışma frekasında rezonansa girip girmediği kontrol edilmelidir. Komponentlerin doğal frekans

değerlerinin ölçülmesi için modal analiz aracı kullanılmıştır. Elde edilen veriler ışığında, yeni tasarlanmış olan kasnak ile mevcut kasnak tasarımı neredeyse aynı doğal frekans değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Tablo 2’de kasnakların ilk altı moddaki doğal frekans değerleri gösterilmektedir.

Sonuç

Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak, bilgisayar destekli tasarım programı yardımı ile tasarlanmış olan yeni kasnak ile mevcut kasnak statik, dinamik, modal ve yorulma analizlerine tabii tutulmuştur. Sonuçlar ışığında, yeni tasarım kasnağın mevcut modele oranla daha iyi mukavemet ve ömür değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Yapılan tasarım değişikliğine rağmen kasnağın doğal frekans değerleri, mevcut kasnak ile yaklaşık olarak aynıdır. Çalışmanın ilerideki aşamalarında yeni kasnak tasarımı ile bir prototip üretimi yapılarak, aynı model makinelerde gerçek koşullar altında mevcut kasnak ile test edilmesi ve sonuçların karşılaştırılması planlanabilir. Elde edilen verilere göre yeni kasnak tasarımı seri üretim modellerinde kullanılmaya başlanabilir. Bu sayede hurdaya ayrılan kasnak sayısının azaltılması, hammaddenin daha verimli kullanılması ve üretim hızının artması sağlanabilir.

Kaynakça

Dalkılıç, A. G. (2017). Ev Tipi Çamaşır Makinaları İçin Plastik Kasnak Konstrüksiyonu (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Maxwell, L. (2008). Who Invented the Electric Washing Machine?

Mehmet, Ö. Z. E. R., Altınkaynak, A., Temiz, V., Mutlu, T., Dışpınar, T., Özgen, A., Yücel, M. (2016). Önden yüklemeli bir çamaşır makinesinin sonlu elemanlar yöntemiyle dinamik olarak modellenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31(3).

Recycled EPDM in Automotive TPVs: Evaluating Mechanical Properties for Industry Requirements

**Begüm Uzunbayır^{1,2*}, Bahadır Uyulgan¹, Orçun Saf²,
Beste Pamukoğulları³**

¹Dokuz Eylül University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Buca, 35390, İzmir, Türkiye

²Standard Profil Ege Automotive, R&D Center, Manisa, Türkiye

³Ravago Petrokimya Üretim A.Ş., R&D Center, İstanbul, Türkiye

*buzunbayir@standardprofil.com

Introduction

Polymer usage has significantly increased, with a wide range of industrial applications. At the end of their lifespan, they are disposed of using a linear economy approach. In order to promote a sustainable, circular economy and mitigate environmental issues, recycling polymers has become a critical priority. Presently, automotive manufacturers require a specific percentage of recycled material in vehicle parts to reduce vehicle waste and their adverse environmental impacts (Utrera-Barrios vd., 2023) With this manner, automakers now require a certain percentage of recycled materials in elastomeric auto parts.

Vulcanized elastomers are materials that possess specific mechanical properties, such as high elasticity and low modulus. However, the vulcanized material cannot be reprocessed due to the presence of sulfidic bonds, which make them insoluble and infusible. To address this issue, researchers in the fields of thermoplastics and elastomers have collaborated to develop dynamically vulcanized thermoplastic elastomers (TPV). These materials exhibit synergistic properties of both elastomers and thermoplastics. Elastic materials capable of reprocessing are known as thermoplastic vulcanizates (TPV). The first TPVs to be industrially produced were based on polypropylene (PP) and ethylene-propylene-diene rubber (EPDM) due to the good compatibility between the two polymers (Banerjee & Bhowmick, 2016; Costa vd., 2022).

The studies in the literature evaluate the devulcanization of waste rubber using various methods and the effect of this process on the properties of recycled rubber. A common chemical process for devulcanizing waste rubber involves mixing rubber scrap powder with recovery agents, such as disulfides, thiophenols, zinc salts, and mercaptans (Warner, 1994). The recovery agent breaks down the rubber web. Mechanical processes are used to break down the rubber network through cutting via using a two-roll mill, a batch mixer, or a single or twin-screw extruder (Mohaved vd., 2015).

Recovery involves using vulcanized elastomer powder as a filler in elastomer compositions with a raw matrix or in the production of polymeric blends through its incorporation and subsequent vulcanization. This process only employs mechanical processes and does not alter the chemical

composition of the material (John, 2010). Although the vulcanized elastomer and the raw one has weak interaction, resulting in a loss of mechanical properties during the process, their recovery can be advantageous when incorporated into new formulations. This is due to the reduction in the cost of the final product, lower consumption of energy and raw materials, and the non-generation of hazardous residues (Zanchet vd., 2017).

In this study, our focus is the development of EPDM/ PP TPV by making a partial replacement of the grinded EPDM. With this approach, we assume that profiles can produced with TPV containing recycled EPDM and will support the use of post-industrial recycled content as a qualified end-product in the automotive industry. Also, the study aims to evaluate the mechanical behavior of these various grinded EPDM ratios of EPDM/PP blends, considering factors such as tensile strength, elongation at break, and hardness. The findings indicate that the mechanical performance of grinded EPDM/PP does not meet industry standards yet but showcases promising characteristics for automotive applications.

Experimental Details

Materials and Productions of Sealing Profiles

PP/EPDM thermoplastic vulcanizate material was supplied from Ravago R&D Center, Türkiye. The EPDM wastes were collected at the company and downsizing process to 100 mesh size by Akyüz company. The grinded EPDM powders were used as a replacement material to develop 90 ShrA TPV recycled blends formulation (30 wt. %, 20 wt. %, 10wt. % grinded EPDM) through a twin-screw extruder by Ravago.

After that, a B-pillar of glass run channel (GRC) sealing profile was produced using these TPVs by extrusion process which parameters were listed in Table 1, and the recycled content effect on the final sealing part was evaluated.

Table 1: Extrusion parameter for sealing profile

	Density (g/cm ³)	Drying Temperature (°C)	Melting Temperature (°C ±20°)	Screw Rate (rpm- cycle/min)	Barrel Pressure (±30 bar)
TPV granule 90 ShrA	0.94	90	185	79.10	138.0

The specimens were named to grinded EPDM powder amount in composition (0 wt. %, 10 wt.%, 20 wt.%, and 30 wt.%) as pure, 10% G-EPDM, 20% G-EPDM, and 30% G-EPDM ad the experimental schema was shown in below as a Figure 2.

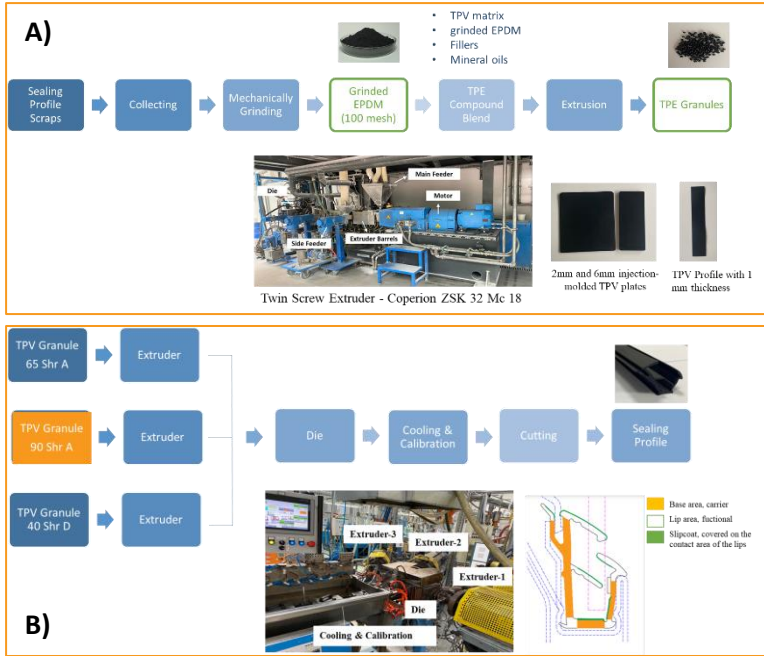


Figure 2: Detailed illustration of experimental steps, A) compound blend preparation, B) production of GRC sealing profile by extrusion method

Characterization Methods

A hardness measurement of the sheet specimens of different amounts of g-EPDM was performed according to the ISO 7619-1 using Gibitre Instruments. The all-specimens density was measured via Mettler Toledo by ISO 1183 1-A. Tensile tests were performed by a Zwick/Roell Z020 according to ISO 37 S1 standard, with specimen type I and a crosshead speed of 50 mm/min.

For the sealing profile, the effect of grinded EPDM powders on the surface was obtained by optical microscopy around 10mm. The elasticity is an important index to assess the performance of the elastomeric sealing profile, and the change of elasticity is measured by a permanent set test. After that, the long-term thermal aging (80°C 1000h) was applied on sealing profiles to observe mechanical and dimensional change under heat and time according to the OEM specifications. The permanent set value was calculated by the following equation (Arevyan Arden, 1999):

$$Permanent\ set = \frac{Initial\ length - Final\ length}{Initial\ length - compression\ length} \times 100 \quad Eq. (1)$$

Result and Discussion

Mechanical and Other Properties of TPV Sheet

The graph of the tensile test of pure and grinded EPDM specimens is given in Figure 3. According to the graph, it observed the tensile strengths decreased as expected as the proportion of grinded EPDM replaced by virgin EPDM increased as shown in Table 2. The tensile strength values of pure, 10% G-EPDM, 20% G-EPDM, and 30% G-EPDM TPV compounds were obtained to 14.43 MPa, 11.24 MPa, 10.92 MPa, and 10.10 MPa, respectively. The elongation at break value also decreased from 750 belonging to pure to 504 belonging to 30% G-EPDM because, during recycling, polymer chains are broken uncontrollably (Jacob vd., 2001; Lima vd., 2014). Besides, the inclusion of a recycled polymer in the formulation reduces the mechanical strength of the final product. Additionally, increasing the amount of filler in the finished product with the increase of the substitution ratio decreases the mechanical properties. After thermal aging at 80°C 1000h, the change in mechanical strength is at an acceptable level.

Figure 3: Stress- strain graph of sheet specimens

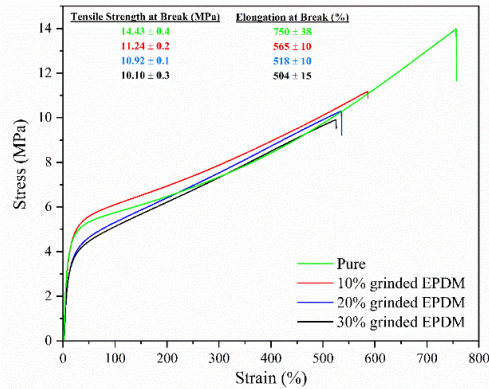


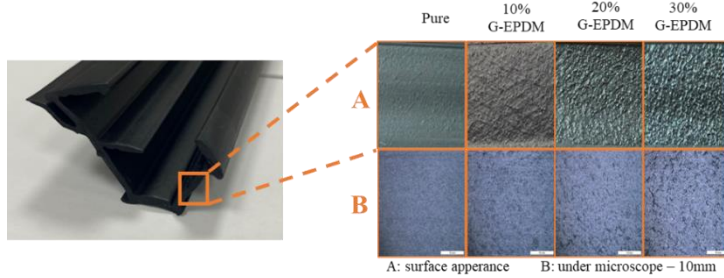
Table 2: Density, hardness, and mechanical properties values

	Test Method	Pure	10% G-EPDM	20% G-EPDM	30% G-EPDM
Hardness – Shr A	ISO 7619-1 (15s)	93	93	94	94
Density – g/cm ³	ISO 1183 1-A	0.98	0.98	0.99	1
Tensile Strength at Break- (%)	ISO 37*	14.43	11.24	10.92	10.10
Elongation at Break- (%)	ISO 37*	750	565	518	504
Change in Tensile Strength at Break- (%)	After 80°C- 1000h heat aging	-1,97	-2,14	-3,21	2,38
Change in Elongation at Break- (%)		0,77	-3.55	-8,36	-14,29

3 measurements, *ISO 37 (S1,500 mm/min)

Surface Examination of GRC Sealing Profile

The base part of the surface appearance of pure, 10% G-EPDM, 20% G-EPDM, and 30% G-



EPDM were examined by visual and optic microscopy. In Figure 4, the surface roughness was increased with observing increment grinding EPDM powder amount in the TPV compound. Furthermore, viewing with an optical microscope showed in detail that this roughness increased. The main function of the base part, in which TPV materials with grinded EPDM powder are used, is to carry the functional parts of the sealing profiles. For this reason, it is not located in the visible part of the sealing profile. The surface roughness of the base area is an acceptable result as long as the mechanical properties of the part are within the OEM spec.

Figure 4: Surface examination of sealing profiles by visual appearance (A), and under microscope (B)

Mechanical Properties of GRC Sealing Profile

The elasticity, which is important for the performance of the elastomeric sealing profile, was measured by the permanent set as shown in Figure 5 and the change of the effect of ground EPDM powder was given in Table 3. It is expected to observe a decreasing trend in the mechanical properties with the introduction of grinded EPDM associated with the virgin EPDM phase, and weak interfacial adhesion with blends. As seen from Table 3, permanent set results did not decrease in a trend as expected. Elastomer materials try to reach their old dimensions after being under pressure. Materials with low permanent deformation are suitable sealing materials, but the environmental conditions, selected material hardness, and geometric structures are the points to be taken into consideration. While the specimens of 10% G-EPDM and 30% G-EPDM had lower permeance, more suitable, than pure, the permanent set result of the 20% G-EPDM was not in this trend. After that thermal aging, the dimensional change of GRC profiles was observed with no notable change.

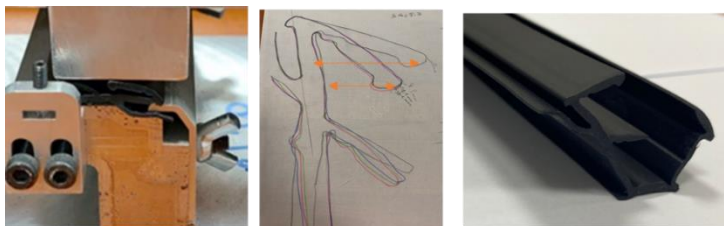


Figure 5: a) the permanent set test setup, b) the projector drawing of dimensional change, c) a section of glass run channel sealing profile

Table 3: Sealing profile mechanical and aging performance tests.

	Test Method	Pure	10%	20%	30%
			G-EPDM	G-EPDM	G-EPDM
Density	ISO 1183 1-A	0,98	1.04	1.00	1.00
Permanent Set (24h/80°C) %	OEM Spec.	%42	39%	44%	41%
Hardness RT/after thermal aging	ISO 7619-1	88/-	89.4/91	89.3/91	87.3/-
Dimensional change after thermal aging	OEM Spec.	-0.5%	-0.5%	-0.5%	-0.5%

Conclusion

This study focuses on the usage of grinded EPDM waste coming from process waste in the production of a static sealing profile (B-pillar or a glass run channel profile). It aims to add non-recyclable EPDM wastes to the circular economy as post-industrial recycling (PIR) material. For this purpose, EPDM wastes grinded to 100 mesh were used in a weight ratio of 10%, 20%, and 30% in 90 ShrA TPV production at the Ravago R&D Center. Then these TPV materials were used in the non-visible and non-functional area of the B pillar of GRC via the extrusion process in Standard Profile Ege. The mechanical properties were evaluated on TPV material samples. No significant changes were affecting the final performance and processability of the sealing profile. Tests performed show that the EPDM grind ratio affects the surface appearance. As the target area is non-visible/functional, the appearance would not be a problem for this application. According to the results of the permanent set, which is a critical property for this application, up to 30% EPDM grind ratio can be used in non-visible areas of the static seals.

References

- Arevyan, A. (1999). Kalıcı Deformasyonun Sızdırmazlık Üstündeki Etkisi. I. ULUSAL HİDROLİK PNÖMATİK KONGRESİ VE SERGİSİ, Bildiri Kitabı, s 167.
- Banerjee, S. S., & Bhowmick, A. K. (2016). An effective strategy to develop nanostructured morphology and enhanced physico-mechanical properties of PP/EPDM thermoplastic elastomers. *Journal of Materials Science*, 51(14), 6722-6734. <https://doi.org/10.1007/s10853-016-9959-7>
- Costa, L. B., Oliveira, R. N., & Siqueira, A. da S. (2022). Green thermoplastic vulcanized based on recycled polyethylene and waste tire powder. *Research, Society and Development*, 11(4), e50011427421. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27421>
- Jacob, C., De, P. P., Bhowmick, A. K., & De, S. K. (2001). Recycling of EPDM waste. II. Replacement of virgin rubber by ground EPDM vulcanizate in EPDM/PP thermoplastic elastomeric composition. *Journal of Applied Polymer Science*, 82(13), 3304-3312. <https://doi.org/10.1002/app.2189>

John, R. (2010). Ground tyre rubber and post-consumer polyethylene reactive injection moulded composite. <https://doi.org/10.26190/unsworks/23338>

Lima, P., Oliveira, J., & Costa, V. (2014). Partial replacement of EPDM by GTR in thermoplastic elastomers based on PP/EPDM: Effects on morphology and mechanical properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 131(8). <https://doi.org/10.1002/app.40160>

Mohaved, S. O., Ansarifar, A., Nezhad, S. K., & Atharyfar, S. (2015). A novel industrial technique for recycling ethylene-propylene-diene waste rubber. *Polymer Degradation and Stability*, 111, 114-123. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2014.11.003>

Utrera-Barrios, S., Verdejo, R., López-Manchado, M. Á., & Hernández Santana, M. (2023). Self-Healing Elastomers: A sustainable solution for automotive applications. *European Polymer Journal*, 190, 112023. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2023.112023>

Warner, W. C. (1994). Methods of Devulcanization. *Rubber Chemistry and Technology*, 67(3), 559-566. <https://doi.org/10.5254/1.3538692>

Zanchet, A., Bandeira Dotta, A., & D. Bastos de Sousa, F. (2017). Relationship among Vulcanization, Mechanical Properties and Morphology of Blends Containing Recycled EPDM. *Recycling*, 2(3), 16. <https://doi.org/10.3390/recycling2030016>

Lug-Wafer Tipi Hibrit Kelebek Vana Sistemlerinin Bilgisayar Destekli Tasarım ve Simülasyon Destekli Deney Düzeneginin Geliştirilmesi

Berna Gül

Dikkan, Ar-Ge Merkezi, İzmir, Türkiye

berna.gul@dikkan.com

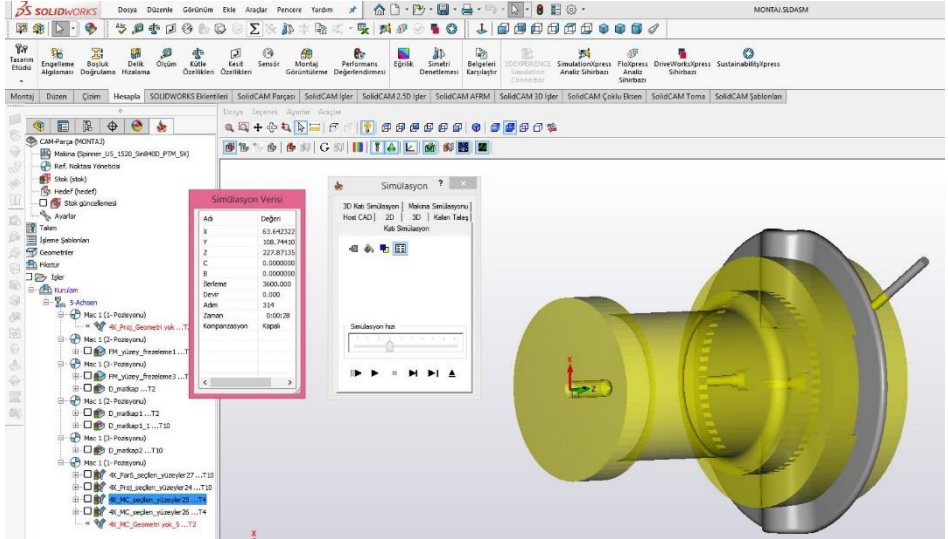
Giriş

20. Yüzyılın ortalarında bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim sistemleri endüstri alanında kullanılmaya başlandığında vana sistemlerinde gelişmeler olacağı öngörülmekteydi. İlk endüstriyel uygulamalarda, parça geometrileri vana sistemlerinde ihtiyaç duyulan yenileştirmelere kıyasla oldukça kolaydı. Fakat aynı teknik vana yapımı için kullanılabilirdi. Bilgisayarların hesaplama gücü sınırlıydı ve bir gigabyte sürücü diye bir şey henüz duyulmamıştı ve kullanılmakta olan CAM (Computer Aided Manufacturing – Bilgisayar Destekli Üretim) sistemleri vana tasarımı için kullanımı oldukça büyüktü. Bu cümleler, bilgisayar teknolojisinin gelişimindeki önemli kilometre taşlarından bazılarını yansıtıyor (Olgun ve ark., 2014). Bilgisayarların hesaplama gücü, günümüzdeki gibi sınırsız değildi ve bir gigabayt sürücü, o dönemde henüz yaygın değildi. CAM sistemleri vana üretimi gibi birçok alanda kullanılmaktaydı. Bu sistemler, ürün tasarımı ve üretimi süreçlerinde, tasarımcıların ürünlerini daha hızlı ve daha doğru bir şekilde üretmelerine yardımcı oluyordu. Bu sayede, ürünlerin kalitesi artarken, üretim maliyetleri de düşüyordu (Kalaycı ve ark, 2015).

Öte yandan üretimin yanında tasarım için de bilgisayar destekli tasarım CAD (Computer Aided Design – Bilgisayar Destekli Tasarım) sistemlerinin kullanılması yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu şekilde vanaların üç boyutlu (3D) modellemeleri mümkün hale gelmiştir (Yetginer, 2007). Bu sistemin en büyük avantajı üretimde deneme yanılma yapmak yerine tasarım aşamasında gerçek verilere ulaşılacak bir ortamın simüle edilebilme olanağının sağlamasıdır. 3D tasarımında kullanılacak olan programlar; Solidworks, Catia, Inventory, AutoCAD, Siemens PLM NX, Autodesk Maya olarak sıralanabilir. Bu programlar yirminci yüzyılın ortalarında kullanılmaya başlanmış ve günümüzde yaygın olarak kullanılmaya ve gelişmeye devam etmektedir (Anon., 2023).

Akışkanların kontrollerinde yaygın olarak kullanılan vana sistemlerinde de CAD ve CAM uygulamaları kritik bir öneme sahiptir. Günümüzde doğal su kaynaklarının korunması amacıyla geliştirilen sistemlerde sızdırma hatalarının sifıra indirilmesi ve üretim maliyetlerinin minimuma indirilmesi için gerçekleştirilen Ar-Ge faaliyetlerinin stratejik konumu bu çalışmayı başlatan motivasyon olarak tanımlanabilir (Özkan, 2023). Sunulan bu makalede vana sektöründe yaygın olarak kullanılan kelebek vanaların bilgisayar destekli tasarım ve üretimine ait detaylar yer almaktadır. Şekil 1’de vana tasarımına ait görsel yer almaktadır. Tasarım esnasında meydana gelecek olası sorunlar Solidworks programı ile tespit edilmiş olup deney tasarımındaki parametrelerin optimizasyonu Minitab simülasyonları ile sağlanmıştır. Tüm bu

çalışmalar neticesinde sızdırmazlık opsiyonun EPDM malzemesi kullanılarak sağlanacağı tespit edilmiştir.

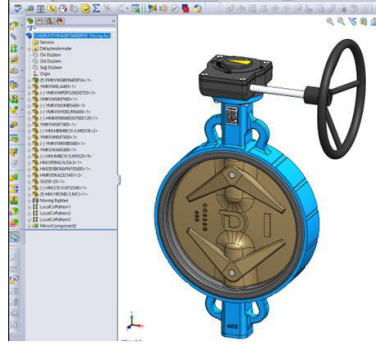


Şekil 1. Vana CAD uygulama örneği.

Materyal ve Metot

Bu makalede, DIN 3354, API 609, BS 5155 ve ANSI/AWWA C504-80 gibi standartlar üzerine detaylı bir literatür taraması yapılmış. Petrol sektörü ihtiyaçlarına uygun bir parça tasarlamak adına sektörel gereksinimleri karşılayacak şekilde geniş bir mukayese çalışması yürütülmüş ve sektörel yenilikler incelenerek fikir havuzu oluşturulmuş. Bu bilgiler ışığında, modelin standart gerekliliklerini karşılayacak genel tasarım hatları belirlenmiş ve Solidworks tasarım yazılımı kullanılarak öncelikle 3D çizimler oluşturulmuş. Örneğin, Wafer tip modelin ana tasarımını Şekil 2’de gösterilmiş.

Parçanın gövdesi, EN-GJS 400-18 LT standartlarına uygun olan ve GGG 40.3 olarak da bilinen bir malzemeye göre tasarlanmıştır. GGG 40.3 malzemesi, gereken mekanik özellikleri sağlamak için özellikle ferritik bir mikroyapıya sahiptir. Bu mikroyapı, parçanın tokluğunu arttırmak adına karbonun grafitte dönüşümünü sağlar. Bu karbonun homojen dağılımı, parçanın mekanik özelliklerini belirleyen faktörlerden biridir. Tablo 1’de, GGG 40.3 malzemesine ait kimyasal analiz değerleri bulunmaktadır ve bu analizler, mekanik özelliklerin belirlenmesi ve parçanın simülasyon çalışmalarının yön verilmesinde kullanılmıştır.



Şekil 2. Modele ait tasarımların çizimi.

Tablo 1. Gövde Malzemesi Olarak Seçilen GGG 40.3’ün Kimyasal Analizi.

Element (%)	C	Si	Mn	P	S	Cu
Olması Gereken	3,75-3,85	1,40-1,50	Max 0,10	Max 0,04	0,009-0,015	Max 0,10
Ölçülen	3,81	1,44	0,05	0,002	0,001	0,21

Klape malzemesi için EN 1982 CuSn10-C (CC 480K) seçilmiştir. Bu klape malzemesinin kimyasal analizi Tablo 2’de belirtilmiştir. Bu kimyasal analizlere göre modelin mekanik özellikleri belirlenerek ANSYS simülasyon programında mekanik dayanım aralığındaki karakteristikleri gözlemlenmiştir.

Tablo 2. Klape Malzemesi Olarak Seçilen CuSn10’un Kimyasal Analizi.

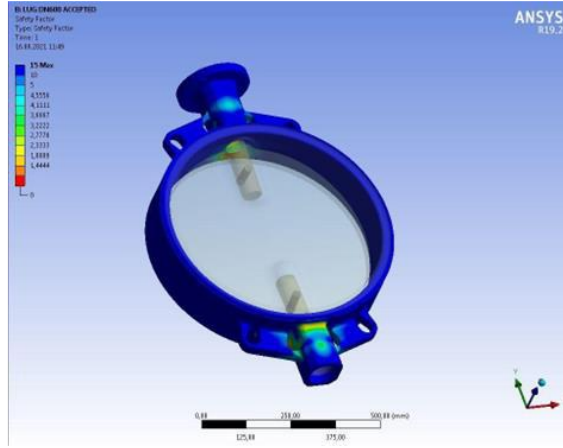
Element (%)	Cu	Sn	Mn	Pb	Zn	Sb
Olması Gereken	88-90	9-11	Max 0,10	Max 1	Max 5	Max 0,2
Ölçülen	89,0	10,2	0,02	0,05	4,71	0,10

Gövdenin korozyon direncini artırmak ve sızdırmazlığı sağlamak için ASTM D2000 M1BA407 EPDM malzemesi tercih edildi. Bu malzeme, ASTM D1056 ve ASTM D2240 standartlarına göre 35-45 Shore A sertlik, ASTM D412 standardına göre ise 1050 PSI çekme mukavemeti ve %400 uzama değerlerine sahip olması öngörülüyor. Şekil 3’te, gövde, klape ve sızdırmazlık için seçilen kauçuk malzemelerin detaylı ayrıştırılmış görüntüleri sunulmuştur.



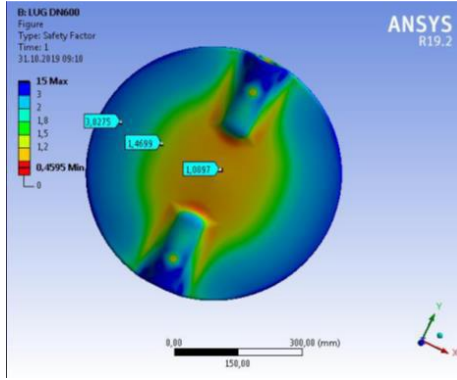
Şekil 3. Wafer Tip Kelebek Vana Tasarımların Ayrıştırılmış Hali a) GGG40.3 Sfero Gövde b) EPDM Kauçuk Kaplama c) CuSn10 Klape.

Solidworks'te yapılan tasarım aşamasının tamamlanmasının ardından doğrulama sürecine geçildi. Doğrulama aşamasında öncelikle ANSYS statik analiz modülü kullanıldı ve EN 1074 standartları çerçevesinde tekil ve montajlı olmak üzere iki farklı sayısal yöntemle analiz yapıldı. Rayleigh-Ritz metodu ve interpolasyon çözümü kullanılarak analiz gerçekleştirildi. Belirlenen standart sınır koşulları doğrultusunda, gövde parçası için nominal basınç değerinin bir buçuk katı, klape parçası içinse nominal basınç değerinin yüzde on fazlası olarak tanımlanarak test edildi. Elde edilen sonuçlar, optimum et kalınlıklarını belirlemek ve tasarım tamamlanmadan olası problemleri öngörebilmek için kullanıldı. Şekil 4'te yer alan gövde mekanik analizleriyle malzeme dayanımı test edildi. Gövde, test basıncının bir buçuk katına dayanabildiği tescil edildi ve gövde malzemesinin uygunluğu doğrulandı. PN 10 sınıfındaki parça için 15 Bar maksimum basınç değeri baz alınarak güvenlik katsayıları hesaplandı.



Şekil 4. Gövde mekanik analizleri.

Gövde malzemelerinin maruz kalacağı gerilmelerin yanı sıra akış debisine bağlı olarak farklı yüklere maruz kalacak olan klapelelerin ANSYS mekanik simülasyon sonuçları Şekil 5'te sunuldu. Bu simülasyon sonuçları, EN 1267:2012 (E) standardına göre akış katsayısı ve basınç kaybı katsayısı formülleriyle tanımlandı. Vana, TS EN 1267 akış direnci deney standardına uygun olarak, Solidworks çizim programında tam açık pozisyonda modellemesi yapıldı. Döküm yöntemiyle üretilen klapelelerin mekanik analiz sonuçları, özellikle orta kısımların yüksek gerilmelere maruz kalması nedeniyle döküm yöntemiyle klape üretimini sakıncalı olabileceğini gösterdi. Bu nedenle, bronz klapelelerin korozyon hızı ve düşük maliyetlerine dayanarak CuSn10 malzemesi üzerinde yapılacak modifikasyonlar ve varyantlarla ilgili alternatif üretim tekniklerinin araştırılması gerçekleştirildi. Bronz klapelelerin korozyon direnci ve düşük maliyetleri nedeniyle, CuSn10 malzemesi üzerinde yapılabilecek modifikasyonlar ve varyantlar ile ilgili alternatif üretim teknikleri araştırıldı. 240 MPa akma mukavemeti değerleri baz alınarak gerçekleştirilen klape malzemeleri için nominal basıncın yüzde on fazlası sınır koşulu belirlendi ve bu koşul altında mekanik sayısal analiz yöntemi uygulandı. Bu şekilde, 16 barlık maksimum çalışma basıncının 1,1 katına denk gelen 18 bar için klape mekanik analizi Şekil 5'te sunuldu.



Şekil 5. Döküm klape mekanik analizi.

Gövde, klape ve mil malzemelerinin analizleri yapıldıktan sonra bu malzemelerin tasarımını geçerli kılmak için prototip imalat aşamasına geçildi. Bilgisayar kontrollü tezgahlar, döküm parçaların akışkana uygun bir şekilde tasarlanmasında etkin bir rol oynayarak döküm süreçlerine şekil vermektedir. Tasarlanan döküm modeli, teknik resimlerine göre gövde modeli ve maça sandıklarıyla hazırlanmıştır. Şekil 6’da gövdeye ait döküm modeline ilişkin bir resim bulunmaktadır.



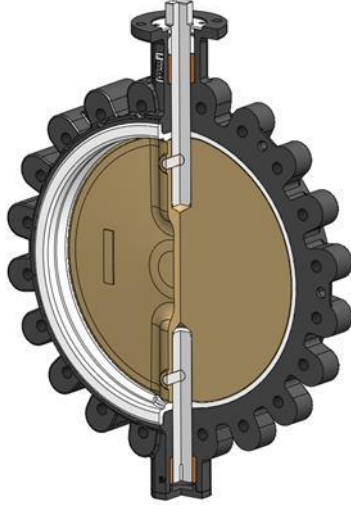
Şekil 6. Lug (Wafer) gövde döküm.

Sıcak dövme işleminde kalıp sıcaklığı, proses süresi, dövme sıcaklığı ve dövme yüküne göre yapı değişkenlik göstermektedir. Şekil 7’de klape sıcak dövme numunesine ait resim gösterilmiştir.



Şekil 7. Sıcak dövme ile üretilen prototip klappe.

Döküm yöntemiyle üretilmiş, presle EPDM kaplanmış gövde ve sıcak dövme ile üretilmiş klapelerin montaj tasarımları Şekil 8'de sunulmuştur. Bu aşamada ölçüm hassasiyetlerine dayalı olarak malzeme seçimi ve tasarımı büyük önem taşımaktadır.



Şekil 8. EPDM Kaplanmış Lug Tip Gövde ve Sıcak Dövme ile Üretilmiş Klappe Montaj Simülasyonu.

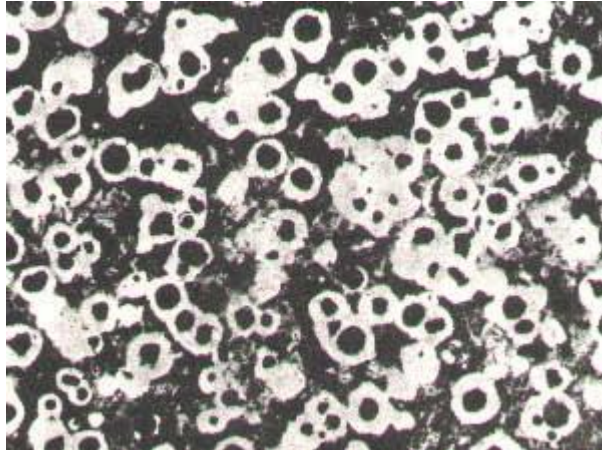
Klappe ve gövde montajında en hassas noktalardan biri, klapeyi harekete geçirecek tork değerlerinin alın ve çap sıkılıklarına göre optimizasyonudur. Farklı gövde ve çap sıkılıklarına göre elde edilen tork değerleri, Minitab Veri Analizi programıyla değerlendirilmiş ve en uygun sıkılık değerleri belirlenmiştir. Tablo 3'te, Minitab deney tasarım modülüyle elde edilen faktörlerin sıralaması yer almaktadır.

Tablo 3. Minitab alın torkuna etkileyen alındaki ve çaptaki sıklıkların alın torkuna etkisi.

Numune	Alında sıklık (mm)	Çapta sıklık (mm)	Alın Torku (Nm)
1.	1,7	1,8	15-20
2.	1,7	1,9	1-5
3.	1,7	1,9	1-5
4.	1,7	1,9	1-5
5.	1,7	1,9	1-5
6.	1,7	1,9	20-25
7.	1,7	1,8	1-5
8.	1,8	1,8	10-15
9.	1,8	1,8	1-5

Bulgular ve Tartışma

Lug ve Wafer tip kelebek vanaların her ikisinde de aynı gövde modelinden GGG 40.3 malzeme dökümü gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen dökümlerde herhangi bir sorun gözlenmemiş olup Şekil 9’da gösterilen mikro yapıların kontrolünde grafitlerin küresel yapıda ve homojen olarak dağılım gösterdiği, küreselleşmemiş grafitin bulunmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 9. Gövde döküm malzemesine ait mikro yapı resmi.

Tablo 4’te ise bu mikro yapıya sahip modeller ile gerçekleştirilen mekanik test sonuçları yer almaktadır. Tespit edilen değerler standart gerekliliklerini karşılamaktadır. Tablo 4’te gövde dökümüne ait mekanik değerler gösterilmiştir.

Tablo 4. Gövde dökümüne ait mekanik değerler.

Malzeme	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Akma Sınırı (N/mm ²)	Uzama (%)	Sertlik (HB)
GGG 40.3	390-410	230-260	18	145-155

Sonuç

Bu çalışmada, kauçuk kaplanmış gövde ve sıcak dövme ile üretilmiş klapelelerin prototip imalatı sonrasında klape-gövde temasına göre değişkenlik gösteren ıslak tork değerlerini optimize etmek için Minitab verileri ile deney tasarımı yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, klape alın bölgesindeki sıklık arttıkça ıslak tork azalırken, gövde çapında sıklık arttıkça ıslak torkun arttığı gözlenmiştir. Alındaki sıklık değerleri 1,43-1,53 mm arasında optimize edilirken, gövde çapındaki sıklık değeri 1,44-1,51 mm arasında değişiklik göstermektedir. Ortalama 18 Nm ıslak tork değeri Minitab verileriyle doğrulanmıştır.

Ayrıca, enerji verimliliği, karbon ve su ayak izi gibi güncel konuların detaylı bir şekilde ele alındığı çalışma, iklim krizinin etkileriyle mücadelede su kaynaklarının daha verimli kullanılmasını içeren önemli gelişmeleri içermektedir. Karbon ayak izinin azaltılması için yapılan iyileştirmelerle, kelebek vana ürünündeki enerji kaybı %32 azaltılmış ve karbon ayak izi %26 düşürülmüştür. Gövde ve klape tasarımlarında yapılan simülasyon destekli testlerin, gerçek test verileriyle %100 oranında örtüşmesi, simülasyon destekli tasarımların değerini bir kez daha kanıtlamıştır.

Çalışmanın önemli sonuçlarından biri de özgün bombeli gövde ve kademeli mil yapısı için ulusal ve uluslararası patent başvurularının gerçekleştirilmiş olmasıdır. Üretimin her aşamasında bilgisayar destekli tasarım ve simülasyonun kritik olduğu vurgulanmıştır. Farklı prototip imalat elemanlarının montajı için optimum değerlerin deney tasarımı ve veri analiz programlarıyla değerlendirilmesi, ampirik verilere ulaşma ve bu verilerin doğru analizi açısından büyük önem taşımaktadır.

Kaynakça

Anon. (2023). https://tr.wikipedia.org/wiki/Bilgisayar_destekli_grafik-tasar%C4%B1m (Alıntılanma tarihi: 26.12.2023).

Kalaycı, B. B., Bayındır, F. (2015). Güncel Dental Bilgisayar Destekli Tasarım/Bilgisayar Destekli Üretim Sistemleri. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 25, 129-136.

Olgun, R., Yılmaz, T. (2014). Peyzaj Mimarlığında Bilgisayar Destekli Tasarım ve Tasarım Aşamaları. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 3(1), 48-59.

Özkan, E. (2023). Kelebek Vanaların Simülasyon Destekli Deney Tasarımı ve Prototip Üretimi. Makina Tasarım ve İmalat Dergisi, 21(2), 89-98.

Yetginer, S.M., (2007). Bilgisayar Destekli Peyzaj Tasarımında Kullanılabilecek Üç Boyutlu Modelleme ve Animasyon Teknikleri, Mustafa Kemal Üniversitesi, Tayfur Sökmen Kampüsü Simülasyonu. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

SOL-JEL Reaksiyonu ile elde edilen TiO₂’in Akıllı Ambalajlarda Oksijen Sensörü Olarak Kullanılması

Berna Körpınar¹, Osman Arslan², Kadir Yiğit Erdemir³, Berkin Barut⁴, Yüksel Abalı^{1*}

¹Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kimya Bölümü

²Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

³İstanbul Aydın Ün. İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü

⁴İstanbul Aydın Ün., İşletme Fakültesi, Uluslararası Ticaret Bölümü

berna.korpınar@cbu.edu.tr

o.arslan@izu.edu.tr

yigiterdemirr@gmail.com

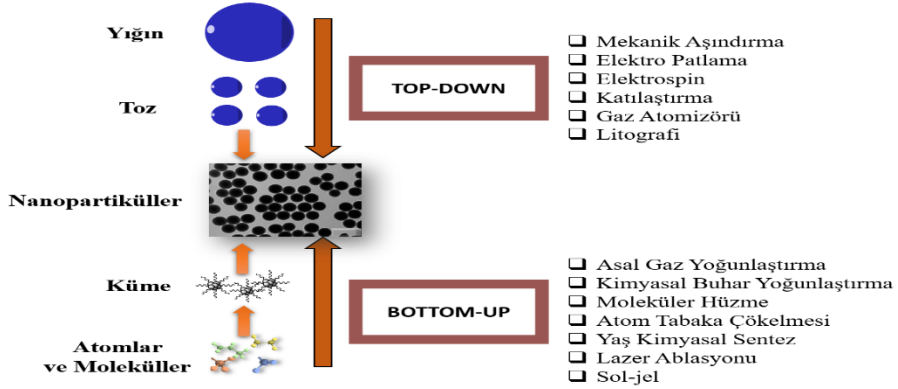
berkinbarut95@gmail.com

*yuksel.abali@cbu.edu.tr

Giriş

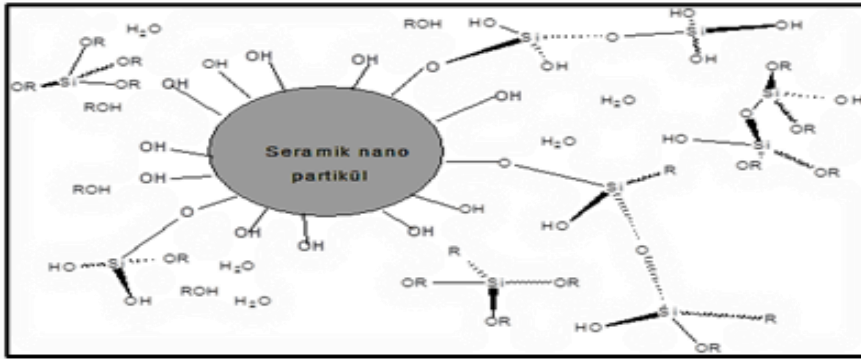
Belirli kuantizasyon seviyelerine, ayarlanabilir yapısal özelliklere ve çeşitli kompozisyonlara sahip nanomateryallerin farklı sentez yöntemleri kullanılarak üretildiği platforma nanoteknoloji adı verilir. Bu üretilen nanomateryaller çeşitli alanlarda (örneğin; tıp, çevre bilimleri, ulaşım, elektronik, enerji operasyonları, gıda güvenliği gibi) uygulama bulmaktadır.

Nanomateryallerin üretiminde top-down ve bottom-up yöntemleri kullanılır. Nanomateryallerin üretim prosesleri Şekil 1’de verilmiştir. Nanopartiküllerin atomlar veya moleküllerden başlayarak birleştirilip yükseltilmesiyle bottom-up yöntemi (Abid et al., 2021), büyük bir malzemenin aşamalı olarak nano boyuta indirgenmesi sonucunda nanopartiküller elde edilmesi (Bera et al., 2010), top-down yöntemi olarak adlandırılır. Aşağıdan yukarıya yaklaşımda sentezlenen nanopartiküllerin şekil ve boyutlarını takip etmek daha kolaydır, bu da spesifik uygulamalara yönelik özel tasarımların oluşturulmasını sağlar (Gawande, vd., 2016). Bu bakımdan, her iki yaklaşımın da benzersiz özellikleri, nanomateryal sentezinin ve tasarımının karmaşıklığını anlamak ve optimize etmek için dikkate alınmalıdır.



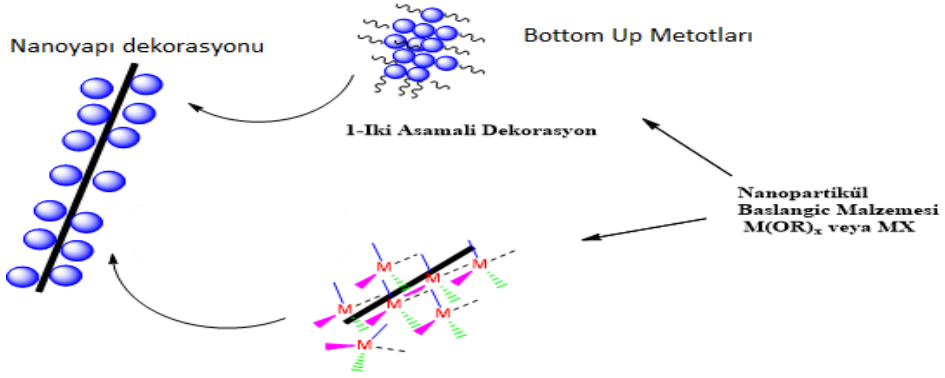
Kuantum partikülleri, nanopartiküller, farklı polimerizasyon metotları ile elde edilmiş
Şekil 1: Nanopartiküllerin sentez yöntemlerinin şematize edilmesi.

nanokompozit (Chat et al 2009, Arslan 2004) oluşumu ve matriks yüzeyinde partiküllerin en iyi dağılıma özelliği sağlamları için, matriks ile fiziksel etkileşimlerinin güçlü olması ve stabilizasyonun gerçekleştirilmiş olması gereklidir. Genelde kuantum partikülleri veya nanopartiküller yüzeylerindeki OH- grupları ile farklı fonksiyonel yapılar ile etkileşirler (Pieere et al 2002). Bu işlem şayet silan yapılarının olduğu bir reaksiyon ise silanol yapıları etkileşerek tepkime sonrası (Şekil 2) küçük moleküllerin çıkışı (su veya alkol), partikülün yapıya dahil olduğunu gösterir. (Arslan et al 2013).



Şekil 2. Nanopartiküllerin yüzey modifikasyonu etkileşme olasılığının gösterilmesi

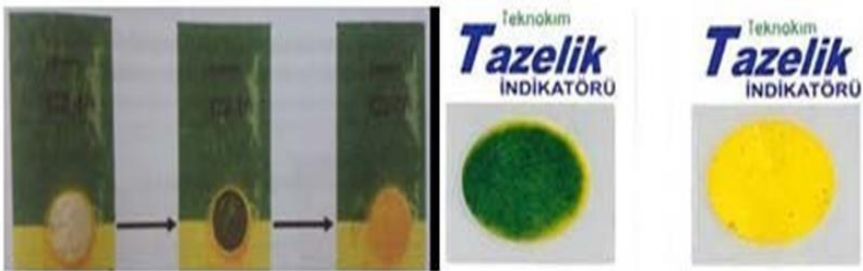
Benzer şekillerde çalışmada elde edilecek olan kuantum partikülleri yüzeylerinde –OH ve amino gruplarının varlığı bilinmektedir. Bu sayede çeşitli polimerizasyonlarla elde edilen yüksek yüzey alanlı ve polimerik matriks üzerine kolay bir etkileşimle modifikasyon gerçekleştirilecektir. Genel olarak moleküler yapıların ve nanopartiküllerin yüzeylerindeki hidroksil grupları ile modifiye edilebilecek yüzeyin hidroksil gruplarının kondenzasyonu net görülmektedir. Organik inorganik yapılarda, 2 tane nano parçacık ekleme yöntemi vardır. a) Ön işlem ile stabilizasyonu sağlanmış parçacığın dışarıdan eklenmesi (ex-situ metot) a) matriks içerisinde parçacığın in-situ olarak kompozit oluşturulması (Arslan et al 2013).



Şekil 3. Herhangi bir yüzey için moleküler maddeler ve nanopartiküller ile yüzey modifikasyonu ve akıllı yüzey oluşumu

Gıda indikatörlerinin genel çalışma prensibi; oksijen veya mikrobiyal etkenlerle bozulmasıyla meydana gelen metabolitlerin ambalaj içerisinde etiketin renk değişimine dayanmaktadır (Şekil 3). Glikoz, biyojenik aminler, uçucu azot bileşikleri, organik asitler, etanol, karbondioksit, kükürtlü bileşikler, toksinler, enzimler ve sülfür miktarları metabolitlere örnek verilebilir. Yukarıda bahsedilen indikatörler ürüne oldukça hassastır ve ürüne özeldir. Özellikle et bazı gıdalarda amin ve merkapto bileşiklerini içeren bozulma ürünleri ortaya çıkar. Dolayısı ile şunu belirtmek gereklidir ki 2023 vizyon programında TÜBİTAK'ın hazırladığı gıda alanında çeşitli uygulamaları ifade edilmektedir.

Bunlar; biyoaktif maddelerin kontrollü salınımı, fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesi, gıda işleme, nutrasötiklerin taşınması ve patojenlerin tespiti ve gıda güvenliğinin artırılması; elde edilen ürünün kalitesi ve paketlenme ömrünü pozitif yönde artıracak paketlenme sistemlerinin elde edilmesidir. Gıda indikatörlerinin en ünlülerinden biri Vitsab® markasıdır. Bir uygulamada, plastik ambalajların birinde sıvı süspansiyon içinde herhangi bir lipaz substratı ve pH indikatör boyası, diğerinde ise lipaz enzimi yer almaktadır. Bu sayede bozunma ürünleri renk değişimi ile tayin edilebilir olmaktadır.



Şekil 4. Yeşilden sarıya renk değiştiren indikatör ile tazelik indikatörü

Son yıllarda yapılan çalışmalarda yüzey modifikasyonu ile sentezlenen malzemelere örnek olarak suyu module eden süperhidrofobik kaplamalar (Ganesan 2009) benzer şekilde gümüş bazı antibakteriyel kaplamalar sentezlenmiştir (Wani et al 2010). Yüzey malzemesi olarak akıllı maddelerin ve ambalajın gelişimi ise farklı metotlarla daha önceden ortaya konmuş ve gözlenmiştir (Vanderoasta et al 2014). Akıllı paketlenme ve ambalajlamada ambalajın bulunduğu

ya da gıdanın özelliklerinin yer aldığı ve perakendeciyi, üreticiyi ve tüketiciyi bu özellikler hakkında bilgilendiren ambalajlama tekniğidir. (Leyva-Porras et al 2015). Ayrıca; yüzey ile sensör özellikler kullanarak madde kalitesi ve güvenliği hakkında bilgilendiren üzerinde iç ya da bir dış gösterge bulunduran paketleme ya da ambalaj materyali üzerine basılan etiket veya belirteçler hazırlanmıştır. (Vanderoasta et al 2014). Bir polimerizasyon yöntemi olarak sol-jel tekniği Bottom-Up tekniklerinden bir tanesidir ve istenen boyutlarda nanopartiküllerin hidroliz kondenzasyon vasıtası ile titanyum başlatıcılarından sentezlenmesini sağlar.

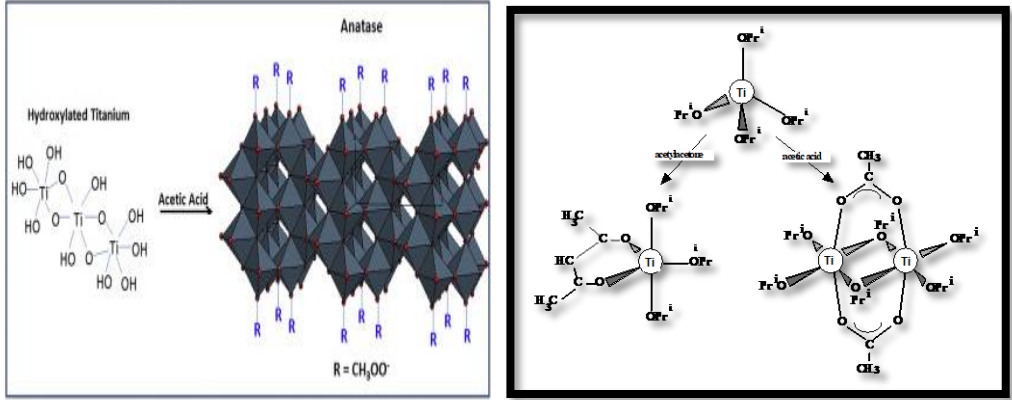
Bu çalışmada akıllı malzeme (veya akıllı ambalaj-intelligent packaging) olarak, kuantum partiküllerinin veya nanopartiküllerin eldesi için optimal şartların hazırlanması, elde edilen nanopartiküllerinin kimyasal analizleri ve sensör olarak kullanıma uygunluk araştırmaları için literatür incelemeleri yapılması ve özellikle elde edilen TiO_2 nanopartiküllerinin, oksijen ile bozunan gıda ürünlerinin tespitinde duyarlı ve renk değiştiren sensör olarak kullanımı araştırılmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, aynı boyutlarda, tekrarlanabilir TiO_2 nanopartiküllerinin sentezi ve karakterizasyonu gerçekleştirildi ve oksijen sensör özellikleri araştırıldı. Böylece elde edilen sensör özelliği gösteren nano partiküllerin üretilmesi ve bunu gıda ambalajlarında etiket şeklinde ya da polimer yapısına katkı olarak kullanıp halkımızın bozunmuş gıdayı ambalajından tanınması ve gerekli önlemi alması hedeflenmektedir.

Materyal ve Metot

DeneySEL çalışmalarda, Titanyum (IV) izopropoksit $Ti[OCH(CH_3)_2]_4$ (%97, Sigma Aldrich, CAS Number:546- 68-9), Glisial asetik asit $C_2H_4O_2$ (%98, Sigma Aldrich, CAS No:87-51-4),Gliserol $HOCH_2)_2CHOH$ (%99, Merck, CAS 56-81-5), Metilen Mavisı(Extra Pure, Merck, CAS No: 61-73-4) temin edilmiştir.

Anataste TiO_2 Partikülün Sentezi ve Karakterizasyonu

Anataz TiO_2 nanoparçacıkları asit katalizli bir yöntemle (Şekil 5) sentezlendi (Leyva-Porras et al 2015). Elde edilen nanopartikülün karakterizasyonu için FTIR, XRD analizleri yapıldı.



Şekil 5. TiO_2 nanopartiküllerinin sentezi

TiO₂ Nanopartikül içeren Sensör Yüzeylerin Hazırlanması

Sensör yüzeylerin eldesi için kuantum partikülleri daldırma metodu ile polimer üzerine dekore edilebilir. Burada önemli olan daha sonra sistemi aktifleştirecek veya akıllı özellik katacak olan partiküllerin veya moleküllerin yüzeyde stabilizasyonudur. Genellikle partikül ilavesi yüzeyde daha uygun ayarlanabilen ve modifiye edilebilen bir karakter gösterirken özellik yapı ile eklenen molekül arasında etkin bir bağın oluşturulmasını sağlamaktır. Özellikle aglomerasyonsuz homojen ve şeffaf malzemelerin hazırlanması için partiküllerin boyutlarının minimuma indirgenmesi gerekir. Genelde yapılarda şu faktörlerin öne çıktığı görülür;

- Yüzey ve nanopartikül arasındaki etkileşim
- Parçacık boyutu, spesifik yüzey alanı, cinsi ve yapısı gibi nanopartikülün özellikleri
- Nanopartiküllerin kendi molekülleri arasındaki etkileşim

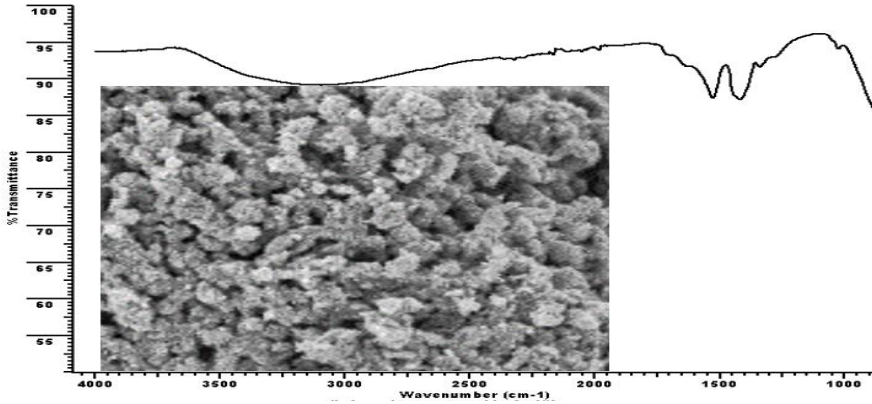
Düzenli aralıklarla dekorasyon işleminde UV-Vis absorpsiyonu kullanılacaktır. Bu işlemler sonrası aktive edilen sensörük fiber yüzeyler et bazlı ürünler başta olmak üzere bozulma sonrası ortaya çıkan uçucu bileşikleri tanıma kapasitesine sahiptir. Bu sayede kuantum partikülleri ile bir tanımlama ve renk değişimi gözlenebilir. Böylece yeni ve gıda kontrolü için hassas bir metot geliştirilmiş olacaktır.

Bulgular

TiO₂ Nanopartikülün Karakterizasyonu

FTIR

Anataz TiO₂ nanoparçacıkları asit katalizli bir yöntemle sentezlendi. Sentezlenen nanopartikülün FTIR spektrumu şekil 6’da verildi.

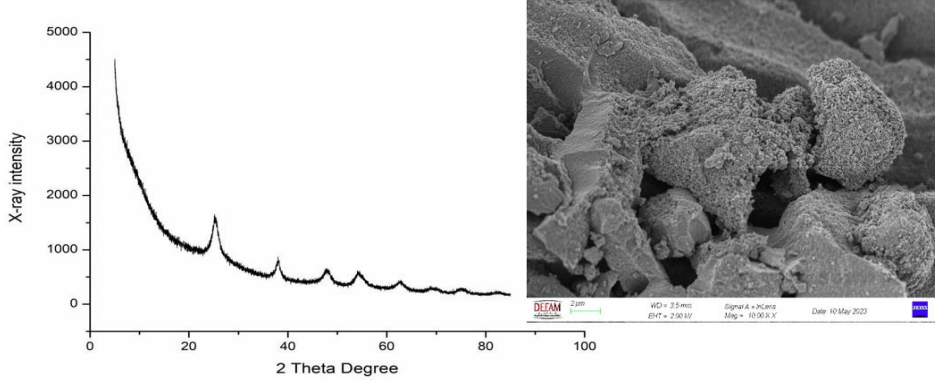


Şekil 6. TiO₂ nanopartikülün FTIR Spekturumu

Sentezlenen TiO₂ nanopartikülün FTIR spektrumu incelendiğinde, 3420 cm⁻¹ 'deki bant, hidroksil (-OH) gruplarının zayıf gerilme titreşimini, 1415 ve 1359 cm⁻¹'deki bantlar ise (-COO) gruplarının gerilmesini göstermektedir. Elde edilen FTIR spektrumu literatürdeki yapılan benzer sentez çalışmaları ile uyumlu olduğu gözlemlendi (Weiguang et al 2009).

XRD

TiO₂ sağlam, nispeten ucuz, hazırlaması kolay ve toksik olmayan bir malzemedir (Mulmi et al 2004). Anataz, rutil ve brokrite olmak üzere üç farklı kristal yapıdan oluşur (Setiya et al 2004). Sentezlenen TiO₂ nanopartikülünün XRD grafiği Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. TiO₂ nanopartikülün XRD diagramı (JCPDS Kart No: 21-1272)

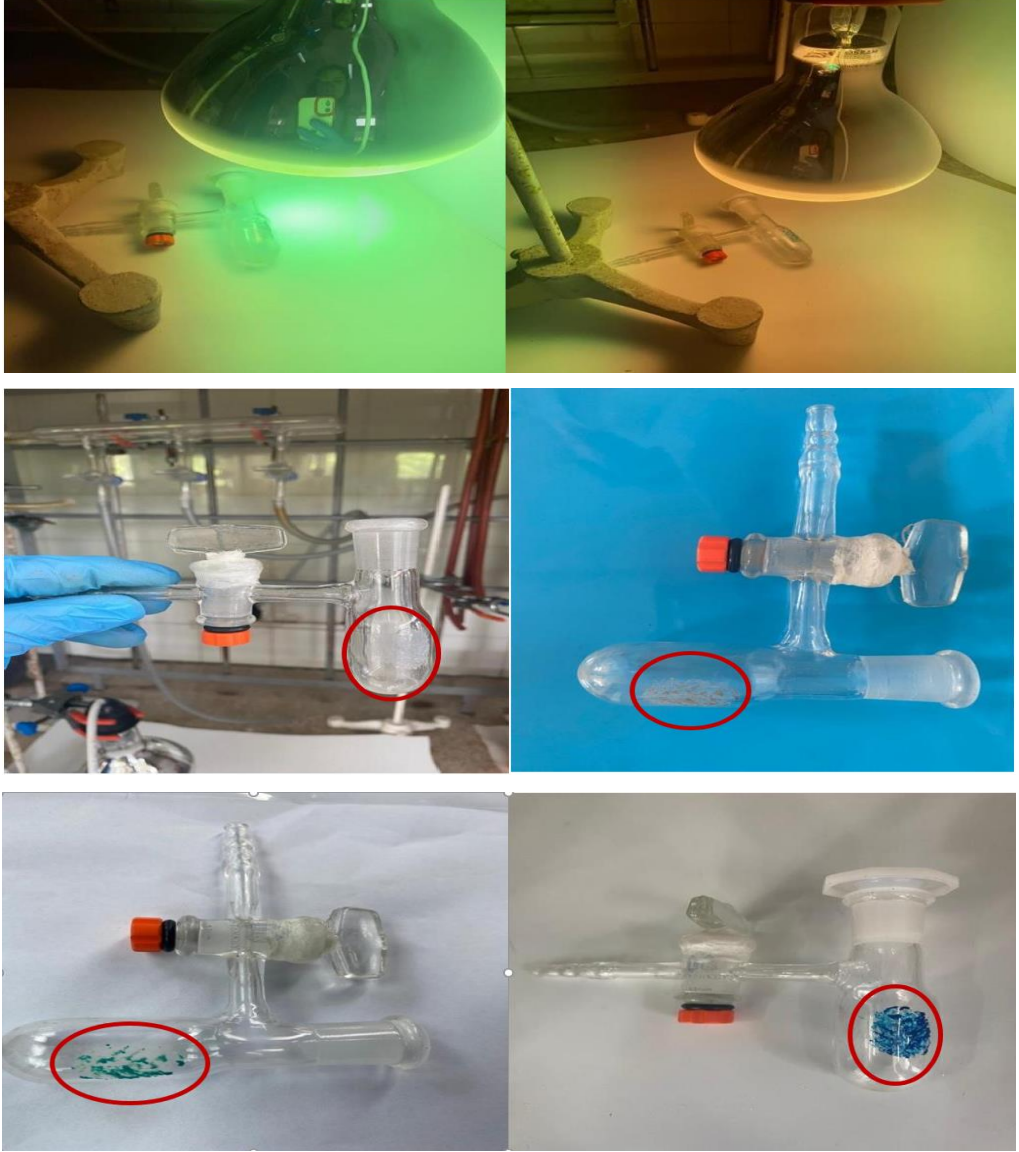
Sentezlenen TiO₂ nanoparçacıklarının XRD analizi 2θ 20-800 aralığında yapıldı. XRD sonuçlarına göre pik noktalarının varlığı kristal bir yapı olduğunu gösterdi ve kırınım pikleri anataz fazına aitti. Geniş çizgiler, nano boyutlu kristali temsil ettiği gözlemlendi. XRD paternleri 25.44°, 36.16°, 47.91° ve 54.43°, 63.4°de sırasıyla (101), (103), (200) ve (105), (204) düzlemleriyle anataz fazında TiO₂ nanopartikülü gösteren kırınım tepe noktaları sergiledi. Gözlenen tüm tepe noktaları standartla (JCPDS no: 21- 1272) iyi bir uyum içinde olduğu gözlemlendi.

Nanopartikül içeren sensör yüzeylerin eldesi için kuantum partikülleri daldırma metodu ile polimer üzerine dekore edilebilir. Bu hazırlama sistemi için mutlaka korunmuş atmosferler kullanılmalıdır. Bu sayede sensör malzemeler hassas bir şekilde hazırlanır ve oksijen renk değiştirebilir hale gelirler. Bunun için sentezlemiş olduğumuz TiO₂ nanopartikülleri Nişasta polimer matrisi üzerine dekore edildi ve kullanılan metilen mavisi indikatörü %0,5 optimum renk dönüşümü koşulunu (Şekil 8) sağladığı gözlemlendi (Wen et al 2018, Suramya et al 2013).

Sensör TiO₂ Nanopartikül içeren Sensör Yüzeylerin Hazırlanması

Tablo 1. Sensör Yüzeylerin hazırlanmasında kullanılan Reaktifler ve Miktarları

Deneme	TiO ₂ Nano Partikül(g)	Nişasta polimeri(g)	Gliserol(ml)	Metilen Mavisi(g)	Sensör Durumu
1	1	-	0.5	0.02	x
2	1	-	0.5	0.01	x
3	1	-	0.5	0.005	□
4	0.9	0.1	0.5	0.005	□
5	0.8	0.2	0.5	0.005	□
6	0.7	0.3	0.5	0.005	□



Şekil 8. İnert atmosfer, $t=0$ anında UV ışığı altında renk değişimi(mavi-renksiz) den $t=60$ dakika oksijen varlığında renk dönüşümü, $t=150$, $t=380$ dakika oksijen varlığında renk dönüşümü, $T=1200$ dakika ilk hale geri dönüşümün gösterilmesi

Sonuç

Sonuç olarak, nano yapılı TiO₂, Titanyum (IV) izopropoksitin hidroliz işlemiyle sentezlendi. TiO₂ nanopartikülü anataz, rutil ve brokite olmak üzere üç farklı kristal yapıdan oluşur. Fakat rutile TiO₂ nanopartikülleri termodinamik anlamda daha kararlı iken, anataz TiO₂ nanopartiküllerinin fotokatalitik özelliği yüksek olduğundan, TiO₂ nanopartikülün sentez yöntemi ve başlangıç reaktantları anataz yapı sentezi olacak şekilde sentezlendi. Sentezlenen TiO₂ nanoparçacıklarının kristal boyutu yaklaşık <100 nm olarak elde edilmiş ve anataz fazı XRD grafiği ile doğrulanmıştır. Elde edilen TiO₂ nanopartikül bazlı sensörün t=0 anında (inert atmosferde) UV altında renk dönüşümü sağladığı ve oksijen ortamına alındığında zamanla tekrar ilk rengine dönüştüğü ve elde edilen sensörün çalıştığı gözlemlendi. Titanyum dioksit nanoparçacık malzemenin oksijen ile bozulan ürünlerin tespitinde sensör olarak kullanılma potansiyelinin araştırılması ve geliştirilmesi literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu sayede ilgili endüstrilerde kullanılabilecek nanopartikül bazlı bir oksijen sensörü elde edilmiş olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma Manisa Celal Bayar Üniversitesi (MCBÜ) BAP birimi tarafından 2022-31 nolu proje ile desteklenmiştir. MCBÜ Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimine katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Abid, N., Khan, A., Shujait, S., Chaudhary, K., Ikram, Dr. M., Imran, M., Haider, J., Khan, M., Khan, Q., Maqbool, M. (2021). Synthesis of nanomaterials using various top-down and bottom-up approaches, influencing factors, advantages, and disadvantages: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 300, 102597.
- Arslan, O. (2004) Seramik Tozlarının Kaplamacılıkta Kullanılması. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Organik Kimya, Antalya, 98, (Yüksek Lisans tezi)
- Arslan, O. Singh, A.P. Belkoura, L. Mathur, S. (2013). Cysteine-functionalized zwitterionic ZnO quantum dots, *Journal of Materials Research* 28 (14), 1947-1954.
- Bera, D., Qian, L., Tseng, T.-K., Holloway, P. H. (2010). Quantum dots and their multimodal applications: A review. *Materials*, 3(4), 2260–2345.
- Gawande, M. B., Goswami, A., Felpin, F.-X., Asefa, T., Huang, X., Silva, R., Varma, R. S. (2016). Cu and Cu-Based Nanoparticles: Synthesis and Applications in Catalysis. *Chemical Reviews*, 116(6), 3722-3811.
- Ganesan, V. (2009). Preparation of MTMS Based Transparent Superhydrophobic Silica Films by Sol-Gel Method, *Journal of Colloid and Interface Science* 332 (2), 484- 490.
- García-Guaderrama M., Aguilar-Martínez, M.J. (2015). Low-temperature synthesis and characterization of anatase TiO₂ nanoparticles by an acid assisted sol-gel method, *Journal of Alloys and Compounds*. 647, 627-636.
- Immoos, C.E., Jaoudi, M.D., Gu, F.K., Wang, D.L. (2009). Reactive Nanoparticles in Coatings, in *Nanotechnology Applications in Coatings*, American Chemical Society 38, 188-209.
- Leyva-Porras, C. Toxqui-Teran, A. Vega-Becerra, O. Miki-Yoshida, M.Rojas- Villalobos,

- Mulmi, D.D. Sekiya, T. Kamiya, N. Kurita, S. Murakami, Y. Kodaira, T. (2004). Optical and electric properties of Nb-doped anatase TiO₂ single crystal, *J. Phys. Chem. Solids* 65, 1181-1185.
- Pierre, A.C. Pajonk, G.M. (2002). Chemistry of aerogel and their application, *Chem. Rev.* 102, 4243-4265.
- Sekiya, T. Yagisawa, T. Kamiya, N. Mulmi, D.D. Kurita, S. Murakami, Y. Kodaira, T. (2004). Defects in anatase TiO₂ single crystal controlled by heat treatments. *J. Phys. Soc. Jpn.* 73, 703-710.
- Suramya, D.F. (2013). Mihindukulasuriya Loong-Tak Lim. Oxygen detection using UV-activated electrospun poly(ethylene oxide) fibers encapsulated with TiO₂ nanoparticles *J Mater Sci.* 48, 5489–5498.
- Vanderroosta, M. Ragaert, P. Devlieghere, F. (2014). Intelligent food packaging: The next generation, *Trends in Food Science & Technology*. Volume 39 (1), 47-62.
- Weiguang S., Zhang J, Feng Z, Chen, T Pinliang Ying, Can L. (2008). Surface Phases of TiO₂Nanoparticles Studied by UV Raman Spectroscopy and FT-IR Spectroscopy. *J. Phys. Chem.*, 112,7710–7716.
- Wen, J. Huang, S. Sun, Y. Chen, Z. Wang, Y Li, H. Liu, X. (2018). Titanium Dioxide Nanotube-Based Oxygen Indicator for Modified Atmosphere Packaging: Efficiency and Accuracy, *Materials*. 11, 2410-2431.
- Wani, I.A. Khatoun, S. Ganguly, A. Ahmed, J. Ganguli, A.K. Ahmad, T. (2010). Silver nanoparticles: Large scale solvothermal synthesis and optical properties, *Materials Research Bulletin*. 45(8), 1033-1038.

Sahra Tipi Dış Ortam Aşısı ve Kan Soğutucuları

Bilal Becerikli

Öztaş Global Soğutma Teknolojileri, Ar-Ge Merkezi, Manisa, Türkiye

bilal.becerikli@oztasdemir.com.tr

Giriş

Günümüzde sağlık sektöründe ve acil durum müdahalelerinde soğuk zincirin korunması, taşınması ve muhafazası kritik bir öneme sahiptir (Zhao ve ark., 2023). Özellikle aşılar, kan ürünleri ve diğer tıbbi malzemelerin güvenli bir şekilde taşınması, depolanması ve dağıtılması, hastalıkların kontrol altına alınması ve acil sağlık durumlarına etkili bir yanıt verilmesi açısından hayati önem taşımaktadır (Liu ve ark., 2019). Bu noktada, soğuk zincir taşıma soğutucuları ve dondurucuları, mobilite, enerji bağımsızlığı, dayanıklılık ve yüksek performans gibi özellikleriyle öne çıkan kritik cihazlardır.

Çeşitli araştırmalar, soğuk zincir taşıma teknolojilerindeki inovasyonları ve gelişmeleri incelemektedir. Yeni malzemelerin kullanımı, izleme sistemleri, sensör teknolojileri ve veri analitiği gibi alanlarda yapılan çalışmalar, soğuk zincir yönetimini iyileştirmeyi amaçlamaktadır (Cai ve ark., 2022).

Bazı çalışmalar, soğuk zincir taşıma sistemlerinde enerji verimliliğini artırmak ve çevre dostu teknolojilere odaklanmak üzerine tasarlanmıştır (Mohsin ve Yellampalli, 2017). Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi veya enerji depolama sistemleri gibi yeşil enerji kaynaklarının kullanımını içeren araştırmalar bu kapsamda değerlendirilebilir. Bazı araştırmalar, soğuk zincir taşıma sistemlerinin etkili kullanımı için eğitim programlarını ve kapasite geliştirme stratejilerini ele almaktadır (Li ve Li, 2020). Bu, sağlık çalışanları ve diğer ilgili personelin bu teknolojileri etkili bir şekilde kullanabilmesini amaçlamaktadır.



Şekil 1. Sahra Tipi Dış Ortam Aşısı ve Kan Soğutucuları

Sahra tipi dış ortam aşısı ve kan soğutucuları gibi özel tasarımlar, hastanelerin ulaşmadığı kırsal bölgelerde, askeri tesislerde, felaket durumlarında ve enerji altyapısının zayıf olduğu saha koşullarında kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Bu makalede, soğuk zincir taşıma soğutucularının ve dondurucularının tasarımındaki yenilikçi yaklaşımlar, enerji yönetimi sistemleri ve dayanıklılık konuları ele alınacaktır. Ayrıca, bu cihazların tıbbi ürünlerin güvenli bir şekilde muhafaza edilmesi ve taşınması için nasıl optimize edildiği incelenecek ve sağlık sektöründeki geniş uygulama alanlarına vurgu yapılacaktır.

Materyal ve Metot

Bu çalışma kapsamında, özel olarak tasarlanmış soğuk zincir taşıma soğutucularının prototipleri kullanılmıştır. Soğutucuların gövdeleri, yüksek ısı yalıtımı sağlamak amacıyla savunma endüstrisinde kullanılan dayanıklı plastik malzemelerle üretilmiştir. Soğuk zincir taşıma soğutucularının ısı yalıtım performansı 120mm poliüretan gövde ile sağlanmıştır. Yapılan testlerde, cihazlar içerisindeki medikal ürünleri 2 – 8 °C arasında 140 ila 160 saat muhafaza edebilme özelliği göstermiştir.



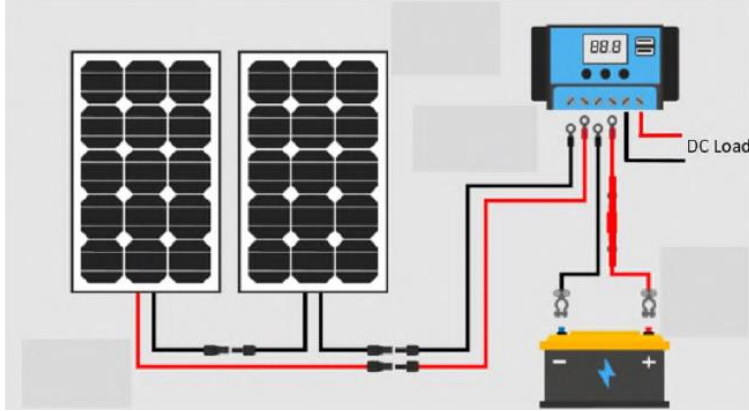
(2.a)



(2.b)

Şekil 2. Sahra Tipi Dış Ortam Aşısı ve Kan Soğutucuları

İç batarya sistemini (Şekil 2.a) şarj etmek için güneş panelleri (Şekil 2.b), rüzgâr tribünleri ve araç çakmakları gibi temiz enerji kaynakları kullanılabilir. Enerji tüketimi analizinde, güneş panelleri ve araç çakmakları gibi temiz enerji kaynakları ile beslenen cihazların enerji verimliliği yüksek bulunmuştur. Özellikle güneş panelleri ile şarj edilen cihazlar, uzun süreli taşımalarda enerji bağımsızlığını sağlamıştır.



Şekil 3. Sahra Tipi Dış Ortam Aşısı ve Kan Soğutucuları

Şekil 3'te görülen ve bu çalışma kapsamında kullanılan örnek bir bağlantı şeması mevcuttur. Bu şemada, güneş panellerinden elde edilen enerji doğrudan akülere iletilmek yerine, MPPT (Maximum Power Point Tracking) cihazları aracılığıyla sağlanmaktadır. Ayrıca, soğutucular için güç çıkışı da aynı MPPT cihazı üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bu bağlamda, MPPT cihazlarının kullanılması, güneş panellerinden elde edilen enerjinin maksimum verimlilikle kullanılmasına olanak tanır. Ayrıca, aynı cihazın soğutucular için güç çıkışını sağlaması, sistemin genel performansını arttırmakta ve enerji yönetimini daha etkili hale getirebilmektedir.



Şekil 4. Sahra Tipi Dış Ortam Aşısı ve Kan Soğutucuları

Soğuk zincir taşıma soğutucularının performansı, içerisine yerleştirilen termal sensörler sayesinde çeşitli sıcaklık koşullarında değerlendirilmiştir. Bu ürünlerde kullanılan ARM tabanlı işlemci kontrolü ve kullanıcı dostu TFT LCD ara yüzü ile optimum sonuçlar elde edilmesi hedeflenmiştir. Tüm menülerin şifre korumalı olması, güvenlik seviyesini üst düzeye çıkarmaktadır. Ayrıca, geliştirilen alarm sistemi sayesinde şarj sisteminin kesildiği, soğutucu kapağının açık kaldığı veya sıcaklığın belirlenen üst veya alt sınırlara ulaştığı durumlarda sesli ve görsel uyarılar alınabilmektedir. Sıcaklık set değerleri ve kalibrasyonlar, yine şifreli menüler aracılığıyla sağlanmaktadır. Bu özellik, kullanıcılara kontrol ve ayarlama konusunda güvenli bir ortam sunarak sistem üzerinde tam kontrole sahip olmalarını sağlar.

Bu çalışmada gerçekleştirilen testler, cihazın ısı yalıtım özellikleri, enerji tüketimi ve sıcaklık sabitliği üzerine odaklanmıştır. Kullanılan enerji kaynaklarının verimliliği, farklı şartlarda cihazın çalışma süresi boyunca ölçülmüş ve analiz edilmiştir. Elde edilen veriler, istatistiksel analiz yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar anlamlılık düzeyleriyle birlikte rapor edilmiştir. Performans testleri ve enerji verimliliği analizlerinin sonuçları, soğuk zincir taşıma soğutucularının tasarımında ve işlevselliğinde potansiyel iyileştirmeleri belirlemek amacıyla değerlendirilmiştir.

Şekil 5'te gösterildiği gibi, fabrikadan çıkan bir soğuk zincir cihazının hava, kara ve deniz gibi çeşitli aşamalarda hizmet verebilme kapasitesi vurgulanmaktadır. Bu, cihazın geniş bir kullanım yelpazesine sahip olduğunu ve çeşitli çevresel koşullarda sorunsuz bir şekilde çalışabildiğini gösterir. Tasarımları, gerekli yalıtımların sağlanmasıyla yağmur ve çamur gibi olumsuz hava koşullarına uyum sağlayacak şekilde yapılmış ve test edilmiştir.

Şekil 5. Sahra Tipi Soğutucuların Kullanım Senaryosu



Ayrıca, özel bölgelerde ve hava ulaşımının iniş yapamayacağı durumlar gibi belirli senaryolara yönelik olarak uçaktan paraşüt ile atılma konusunda çalışmalar devam etmektedir. Ancak, şimdiye kadar diğer ulaşım yöntemlerinde herhangi bir problem yaşanmamıştır.



Şekil 6. Sahra Tipi Soğutucuların Sevk İşlemi

Şekil 6.’da görüldüğü gibi soğutucuların sevk sırasında da şarj olabileceği bir başka prototip görülmektedir.

Bu tarz bir sevk işlemi için Şekil 7’de gösterilen modellerin tamamı uyumludur. Öztaş Global Soğutma Teknolojileri ve Metal Sanayi Ticaret Anonim Şirketi tarafından patentli [6] bu çalışmaların askeri alanların ve afet bölgelerinin olağanüstü durumlarına göre testleri gerçekleştirilmiştir.

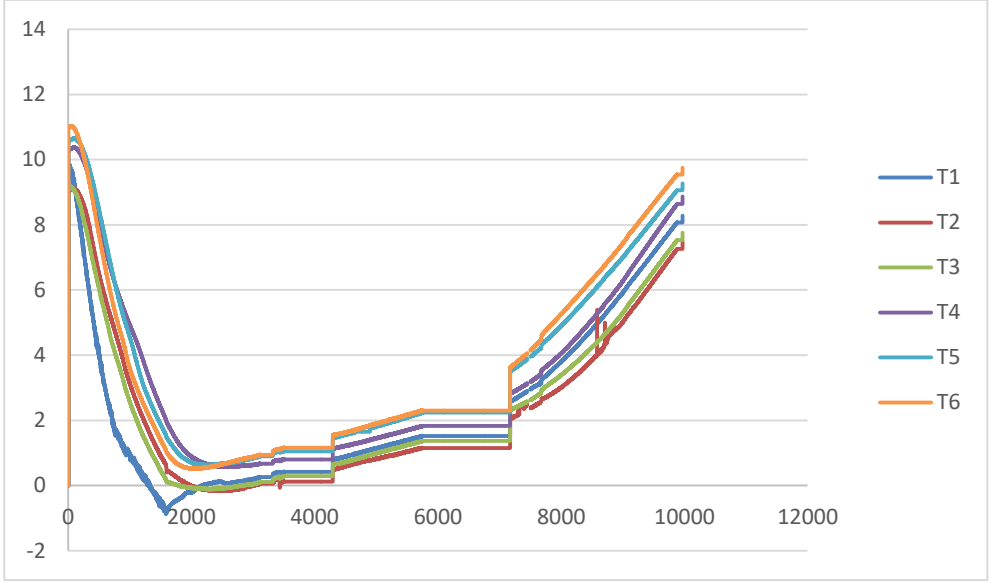


Şekil 7. Sahra Tipi Soğutucu Modelleri

Bulgular ve Tartışma

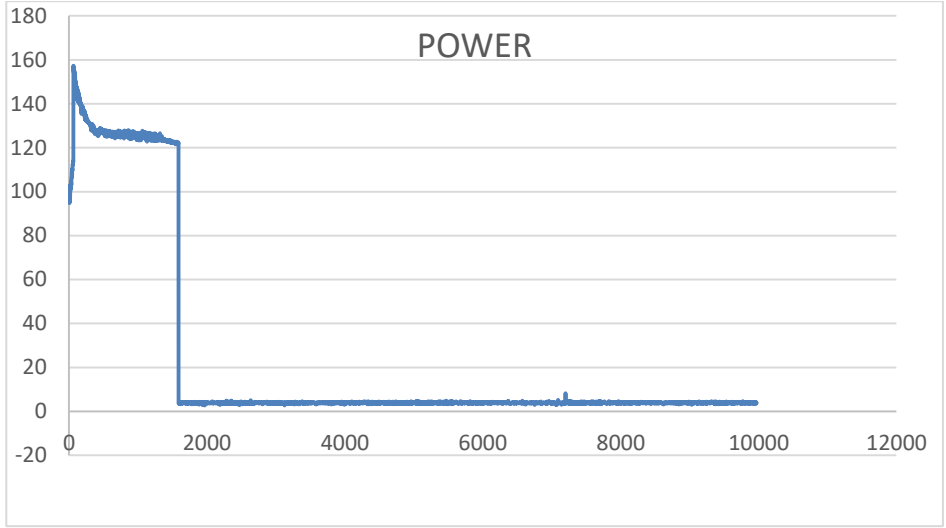
Güneş enerjisi ile şarj edilen soğutucuların performansı, farklı güneş ışığı seviyelerinde test edilmiştir. Yapılan analizler, güneş enerjisi ile çalışmanın cihazın enerji ihtiyacını etkili bir şekilde karşıladığını göstermiştir. Performans testleri ve enerji verimliliği analizleri üzerinden elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. İstatistiksel analiz sonuçları, soğuk zincir taşıma soğutucularının tasarımında başarılı bir şekilde uygulanan özelliklerin güvenilir olduğunu ortaya koymuştur.

Soğuk zincir taşıma soğutucuları, sağlık sektöründen askeri operasyonlara kadar geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir. Bu teknolojinin yaygınlaştırılması, tıbbi ürünlerin güvenli taşınması ve depolanması açısından önemli bir adım olacaktır. Bu bulgular, soğuk zincir taşıma soğutucularının etkili ve çeşitli uygulama alanlarında başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Gelecekteki çalışmalar, enerji verimliliği, dayanıklılık ve geniş kapsamlı kullanım açısından daha fazla ayrıntılı analizlere odaklanabilir.



Şekil 8. Sahra Tipi Soğuk Zincir Soğutucuları Sıcaklık Grafikleri

Sahra Tipi Soğuk Zincir Soğutucuları, sadece yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çalışmakla kalmayıp aynı zamanda enerji kaynağının tamamen ortadan kalktığı durumlar gibi zorlu senaryolarda da hayati bir öneme sahiptir. Bu tip durumlarda, cihazların muhafaza süreleri üzerine detaylı bir çalışma yürütülmüştür. Sahra Tipi Soğuk Zincir Soğutucuları üzerine entegre edilen sensörlerden elde edilen veriler, Şekil 8’de açıkça görüldüğü gibi, soğutucu sıcaklığının belirlenen set değerine ulaşma sürelerini detaylı bir şekilde sunmaktadır. Ayrıca, aynı grafik üzerinde sıcaklık muhafaza süreleri de dikkate alınarak gözlemlenmektedir.



Şekil 9. Sahra Tipi Soğuk Zincir Soğutucuları Güç Grafikleri

Şekil 9’da, yüklerin soğutma sırasında çekilen güç değerinin maksimum seviyelerde olduğu bir aşamada muhafaza bölümünde minimum seviyeye düştüğü gözlemlenmektedir. Bu sonuçlara göre, soğutma başlangıcında ilk kalkışta 160W seviyesinde olan güç tüketimi, soğutucunun rejime ulaşması ile 120W seviyelerine düşmekte ve set değerine ulaşıldıktan sonra muhafaza moduna geçerek 0W seviyelerine düşmektedir. Şekil 5, bu güç değerlerinin zaman içindeki değişimini net bir şekilde göstermektedir. Ayrıca, sıcaklık muhafaza ile ilgili detaylı verilere Tablo 1’den ulaşmak mümkündür.

Tablo 1. Muhafaza Süreleri

Sıcaklık Değeri	Süre
1.8	Başlangıç
0.5	24 Saat
0.5	48 Saat
1	72 Saat
1.1	96 Saat
2.3	120 Saat
4.6	146 Saat

Sonuç

Bu çalışma, soğuk zincir taşıma soğutucularının pratik uygulama alanlarını genişletmeye yönelik önemli bir adımdır. Özellikle kırsal kesimlerde, askeri operasyonlarda ve doğal afet müdahalelerinde, enerji bağımsızlığı ve dayanıklılığıyla öne çıkan bu soğutucuların etkili bir şekilde kullanılabileceği görülmüştür. Bu çalışma, soğuk zincir taşıma soğutucularının başarılı

bir şekilde tasarlandığını ve test edildiğini göstermektedir. Ancak, gelecekteki çalışmalarda enerji verimliliği optimizasyonu ve daha geniş ölçekteki kullanımlar için tasarım iyileştirmeleri yapılabilir.

Kaynakça

Anon. (2020). Akü ve güneş paneli taşıma/sevk çantası, 2020, Available from: <https://www.turkpatent.gov.tr/arastirma-yap?form=design/> [Accessed: 21-Dec-2023]

Cai, X., Zhang, H., Li, Q. (2022). Analysis and Design of Smart Cold Chain Logistics Simulation Model Based on Internet of Things Technology, IEEE Asia-Pacific Conference on Image Processing, Electronics and Computers (IPEC) doi: 10.1109/IPEC54454.2022.9777403

Li, G., Li, M. (2020). The Design of Cold Chain Transportation Monitoring System Based on NB-IoT, International Conference on Virtual Reality and Intelligent Systems (ICVRIS) doi: 10.1109/ICVRIS51417.2020.00097

Liu, D., Cao, X., Zhou, X., Zhang, M. (2019). Cold Chain Logistics Information Monitoring Platform Based on Internet of Vehicles, International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS) doi: 10.1109/ICITBS.2019.00092

Mohsin, A., Yellampalli, S., (2017). IoT based cold chain logistics monitoring, IEEE International Conference on Power, Control, Signals and Instrumentation Engineering (ICPCSI) doi: 10.1109/ICPCSI.2017.8392059

Zhao, J., Ye, F., Li, S. (2023). Research on Cold Chain Logistics Risk Control of Fresh E-commerce under New Retail, 7th International Conference on Management Engineering, Software Engineering and Service Sciences (ICMSS) doi: 10.1109/ICMSS56787.2023.10118218

Medikal Tip Ultra Derin Dondurucu Buzdolapları

Hikmet Garip

Öztaş Global Soğutma Teknolojileri, Ar-Ge Merkezi, Manisa, Türkiye

hikmet.garip@oztasdemir.com.tr

Giriş

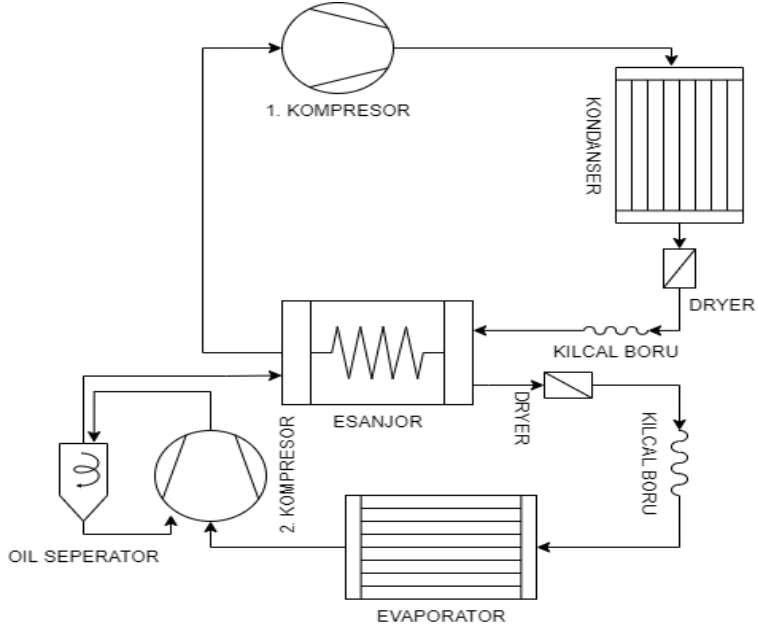
Medikal sektörde kullanılan ve ülkemizin ihtiyacı olan Ultra Derin Dondurucu Buzdolapları Yurtdışı üretim kaynaklı olarak ithal edilmekteydi (Wang ve Bai, 2021) ve ülkemizde üretimi yapılmamaktaydı [2]. Yüksek döviz kullanılarak yurtdışından gelen bu dolapların yerleştirilmesi, dışa bağımlılığı azaltmak ve döviz çıkışını engellemek için 2019 yılında proje başlatılmıştır. Projede temel hedef yüksek girdi maliyetlerini düşürmek ve Yüzde yüz yerli Mühendisler ile bu dolabın üretimini yapmaktır. Ultra Derin Dondurucu bu dolaplar, Kan merkezlerinde, Kök hücre merkezlerinde, Virüs/Bakteri depolanmasında, Tüp bebek merkezleri gibi birçok noktada kullanılmaktadır. Ülkemiz için kritik olan bu sektörlerde dışa bağımlılığı ortadan kaldırmak temel düsturumuzdur. Projenin başlatılma gerekçelerinin en başında mevcut pazarı incelediğimizde 300 lt. ile 900lt kapasiteli ürünlere ihtiyacının olması fakat yurt içinde üretilmemesidir. Özellikle Türk Kızılay Kan Hizmetleri Genel Müdürlüğü minimum 805 lt hacme sahip ürün ihalesi kapsamında teknik şartname yayımlamıştır. İlgili kriterdeki ürünün yurt içinde üreticisi bulunmayıp yurt dışı muadillerinin de yüksek maliyetli olmasıdır. Projeye Celal Bayar Üniversitesi Teknokent bölümü ile başlanılmış ve Teknik destek alınarak ortak bir ekip kurulmuş, çalışmalar ve ilk prototip ürünler ortaya çıkarılmıştır.

Proje başladıktan sonra Corona virüs pandemisinin patlaması ve sonrasında ortaya çıkan MRNA Aşılarının -70 derecelerde muhafaza edilmesi gerekliliği proje başlangıcının ne kadar doğru olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte proje hız kazanmış ve bu aşilar ülkemize gelmeden Ultra Derin Dondurucu Dolapları piyasaya sunulmuştur.

Bu dolaplar alışlagelmiş buzdolapları gibi standart soğutma sistemlerine sahip değillerdir. Sistemde kullanılan Kaskat soğutma sistemi çift kompresör ve özel gazlar kullanılarak hedeflenen düşük sıcaklıklara düşülmesi öngörülmüştür. -86 derece sıcaklıklara inebilmek için Kompresör araştırması yapılmış ve Secop firması ile yapılan toplantılar ve değerlendirmeler sonunda bu markanın kompresörlerinin kullanılması yönünde karar alınmıştır. Yine sistemde kullanılacak gazlar incelenmiş ve literatürler taranmış başlangıç olarak R404A gazı ile R508B ile ürünlerin startının verilmesi kararlaştırılmıştır. Yine yapılan araştırmalarda bu iki gaz muadil olarak R290 (Propan) ve R170 (Ethane) gazları incelenmiş kullanımı uygun görülmüştür ancak bu gazların tedariki oldukça sıkıntılı olduğundan ve yine Türkiye de bulunmamasından dolayı bu gazlar ile ileriki dönemde çalışma yapılmak üzere bekletilmektedir.

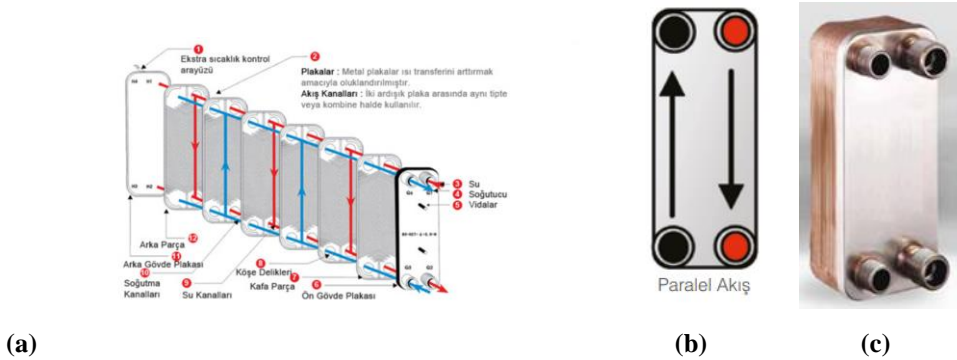
Materyal ve Metot

Yukarıda bahsedildiği üzere Ultra Derin Dondurucu dolap soğutma yapısı Kaskad soğutma sistemi olarak tanımlanabilir. Kaskad soğutma sisteminde 2 adet Kompresör bulunmaktadır. Birinci sistem olarak adlandırılan sistemin Evaporatörü kullanılan bir Isıl değıştirici sayesinde İkinci sistemin Kondenseri görevini yapmaktadır. Soğutma sistemi grafik gösterimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 1. Sistem Şeması

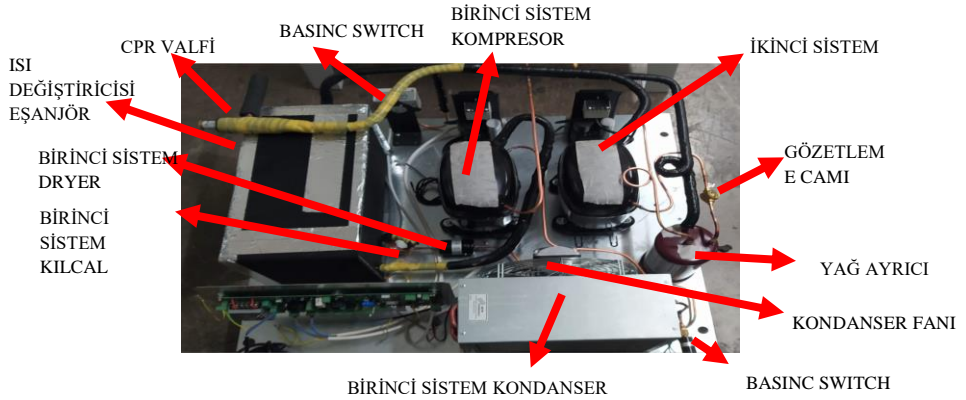
Şemada görüldüğü gibi 2 sistemde ilaveten bir yağ separatörü vardır. Bu Yağ separatörü sisteme ihtiyacından fazla yağ gitmesini ve sistemin çok düşük sıcaklıklarda olması nedeni ile fazla yağın donmasını önlemek adına yerleştirilmiştir (Şekil 1). Birinci sistemde Bakır borulardan oluşan ve Alüminyum Fin kanatları olan Kondenser kullanılmaktadır.



Şekil 2. Eşanjör Yapısı

Plaka Eşanjör yapısı ve kullanımı yukarıdaki resimlerde gösterilmektedir (Şekil 2.a). Sistemin ana komponenti olan bu Isı değiştirici Komponent (Anon., 2020) Plaka eşanjör dışında farklı yapılarda da üretilebilmektedir, örneğin Tüp in Tüp gibi iç içe geçmiş 2 boru şeklinde de üretilebilmektedir (Şekil 2. b).

Sistem tasarımı ve yerleşimi yapıldıktan sonra prototip ürün toplanmış ve aşağıdaki resimde görüldüğü gibi Soğutma sistemi finalize edilmiştir. Bu aşamadan sonra Dolap testleri yapılmak üzere Test Odasına alınmış ve DIN 13277 standardına göre bağlantıları yapılmıştır. Test Odasında Her iki Kompresörün Basma, dönüş ve Tepe sıcaklıkları ile beraber Dolabın gövdesine yaklaşık 36 adet prop bağlanarak kritik noktalardaki sıcaklıklar okunmuş ve bu sıcaklıklara göre dolabın gaz tayini yapılarak sistemin ihtiyacı olan Soğutucu gazlar sisteme basılmıştır.



Şekil 3. Yerleşim Planı

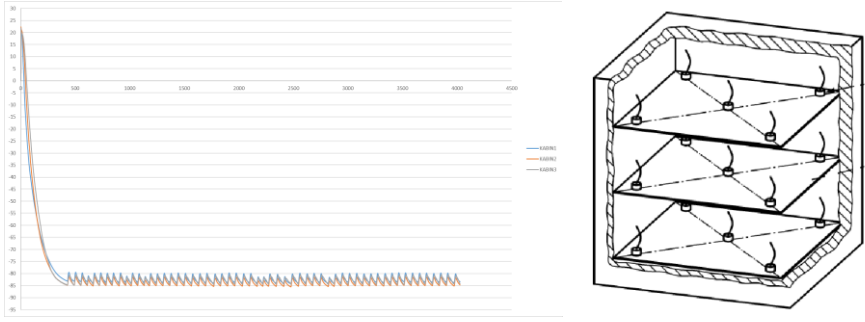
Ana komponentlerin dışında, ikinci sistem kompresör dönüş basıncını kontrol etmek üzere bir adet CPR valf kullanılmıştır. Yine birinci ve ikinci sistem basınçları okumak ve sistemin durumunu kontrol etmek için Basınc switchi ve Basınc Prosestad'ı kullanılmıştır (Şekil 3).

Bu Projenin ana getirilerinden birisi ide Ultra Derin Dondurucu dolabın Kontrol kartının tamamen Firmamız tarafından ürettirilmesi ve Sistemin ihtiyacı olan Yazılımında kendi mühendislerimiz tarafından yazılması olmuştur. Bu sayede sistemde her türlü kontrol ve çalışma algoritmasına müdahale edebilme ve kendimize göre bir algoritma oluşturmamıza olanak sağlamıştır, dolayısı ile proje tamamen yerli mühendisler tarafından yeniden oluşturulmuş ve Arge merkezimize bir know how kazandırılmıştır.

Proje çıktıları

Somut proje çıktıları aşağıda da verileceği üzere Test Odasında elde edilen sonuçlardır (Şekil 4a).

“Mühendislik, Fen ve Sağlık Bilimleri’nde AR-GE ve İnovasyon Çalışmaları”

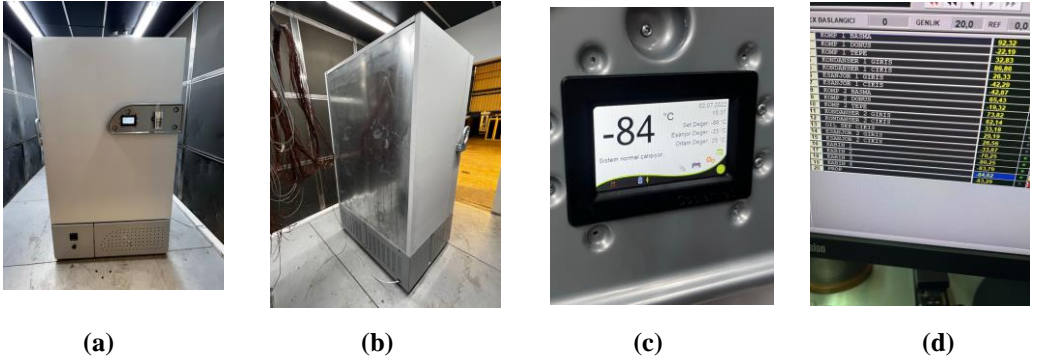


(a)

(b)

Şekil 4. Test Grafiği ve Prop Yerleşimi

Yukarıda verilen Test grafiğinde Dolap içine bağlanan 15 adet sıcaklık probunun ortalama değerlerini görmekteyiz, DIN13277 standardına göre Dolabın en üst rafına 5 adet Orta rafına 5 adet ve en alt rafına 5 adet olmak üzere sıcaklık probu yerleştirilmiştir (Şekil 4.b).



(a)

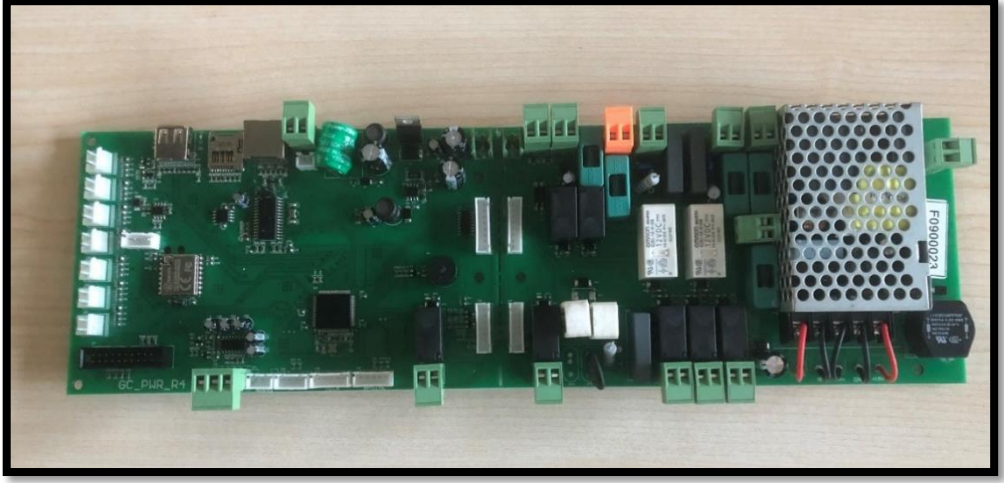
(b)

(c)

(d)

Şekil 5. Test Grafiği ve Prop Yerleşimi

Ana proje çıktılarından birisi Elektronik kartın ve Yazılımının tarafımızdan yapılmasıdır. Bu bize kart yazılımında daha ileri noktalara gitmemizi sağlamış aynı zamanda Soğutma sisteminde istediğimiz esnekliği kazandırarak oluşan algorithmanda dolabın her türlü çalışmasına müdahale serbestliği vermiş ve rakiplerimizin bir adım önüne geçmemizi sağlamıştır.



Şekil 6. Ana Kart

Sistem üzerine takılan bir akü ve termal yazıcı sayesinde enerji kesilse bile sistem veri toplamaya devam etmekte ve Dolap içindeki medikal ürünlerin sıcaklıklarını 72 saat kaydetmektedir. Bu kullanıcıya Enerji kesilmelerinde dolap içindeki ürünlerin bozulma derecesine gelip gelmediğine ve ürünlerin sıcaklıklarını takip etmelerine yaramaktadır, yazıcıdan 30 güne kadar olan kayıtların çıktılarını alabilmektedirler. 30 günden fazla data ihtiyacı duyulacak durumlarda USB terminaline takılacak bir bellek sayesinde 10 yıla kadar data saklayabilmektedirler (Şekil 6).



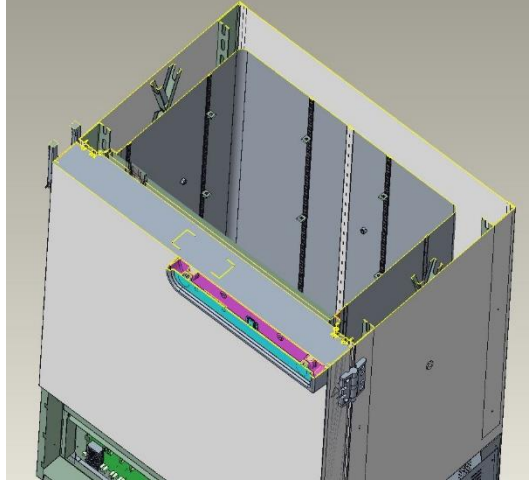
Şekil 7. TFT LCD Panel

Projenin geliştirilmesi

Proje tamamlanıp dolaplar sahaya sürüldükten sonra gerek açılan ihale dosyasında gerekse yüz yüze görüşmelerde dolap raflarının hareketli olması talep edilmiştir (Şekil 8.a). İlk tasarında dolaplarımız raftan soğutmalı yapıldığı için bu istek karşılanamamıştı. Ancak sonrasında yapılan tasarım değişiklikleri ile Raftan soğutma yerine gövdeden soğutma metoduna geçilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 8. Raftan soğutma sistemi

Bu sistem bize raflar arasındaki mesafeyi istediğimiz gibi açma hatta hepsini kaldırıp tek hacim olarak kullanılmaya olanak sağlamıştır (Şekil 9.a).



Şekil 9. Gövdeden soğutma sistemi

Resimlerden de görüleceği üzere Evaporatör Gövde iç yüzeyine sarılan Bakır borular sayesinde oluşturulmaktadır. Kullanılan borular Yuvarlak formda değil D formuna getirilerek gövdeye tam teması sağlanmakta bu sayede Kabin iç sıcaklıkları istenilen derecelere düşürülebilmektedir.

Kaynakça

Anon. (2020). Available from: <https://www.ekinendustriyel.com/lehimli-esanjor/lehimli-esanjorun-yapisi/> [Accessed: 21-Dec-2023]

Robledo-Martinez, A., Angel, L., Sobral, M., (2021). Properties of an Ablation Plasma at Very Low Target Temperatures, IEEE International Conference on Plasma Science (ICOPS), doi: 10.1109/ICOPS36761.2021.9588474

Wang, X., Bai, C. (2021). Design of a Bandgap Reference Circuit with Ultra-low Temperature Coefficienting, IEEE 14th International Conference on ASIC (ASICON), doi: 10.1109/ASICON52560.2021.9620331

Bir Soğutucunun Uzaktan Takibi ve Kontrolü

Ümit Güler

Öztaş Global Soğutma Teknolojileri, Ar-Ge Merkezi, Manisa, Türkiye

umit.guler@oztasdemir.com.tr

Giriş

Enerji verimliliği günümüzde giderek azalan enerji kaynaklarıyla birlikte öne çıkan kritik bir konudur. Gereksiz enerji kullanımının kontrolü, arızalardan kaynaklanan kayıpların önlenmesi ve enerjinin israf edilmesinin engellenmesi büyük önem taşır. Özellikle IoT uygulamalarının yaygınlaşması, uzaktan sistem izleme ve kontrol mekanizmalarını daha da önemli hale getirmiştir. Bu geliştirmeler, cihazlar açısından sadece verimliliği artırmakla kalmaz, aynı zamanda ekonomik avantajlar da sunar. Uzaktan izleme ve kontrol, hata kontrolü için son derece uygun bir yöntemdir (Vikram ve ark., 2022). Bu sayede erken müdahale imkânı ortaya çıkar. Bu çalışmada, bilinen normal işletme değerlerine sahip bir buzdolabında anormal değerlerin tespiti üzerine odaklanarak kritik hataların önceden belirlenmesi detaylı bir şekilde incelenmiştir. Böylece, anormal değerlerin tespiti durumunda erken müdahale ile daha karmaşık ve enerji israfına yol açabilecek durumlar önlenebilir.

Literatürde, uzaktan izleme ve kontrol amaçları için birçok farklı teknik ve protokol bulunmaktadır. Özellikle eski sayaç birimleriyle uyumlu, kullanıcı dostu ve insan hatalarını en aza indiren bir fatura sistemi oldukça ilgi çekicidir (Patel ve ark., 2019). LDR, mevcut mekanizmayı bozmadan tüketilen birimleri algılamakta ve kullanıcıyı SMS ile bilgilendirmektedir. Bir başka çalışmada, ESP8266 WiFi yonga modülü ve Blynk uygulaması kullanarak IoT tabanlı bir enerji sayacı konseptini hayata geçirilmiştir (Ahmad ve ark., 2021). Bu çalışmada, enerji sayacı, enerji tüketimini temsil eden bir LED ile belirli bir süre için 1000 darbeye ayarlanmış temel değerle yanıp söner. Yüklerin sürekli olarak güç tüketimini izleyip enerji tüketimini ESP8266 WiFi modülü ve IP adresi veri bağlantısı kullanarak ilgili kişilere raporlayan sistemler konuyu çok daha farklı boyutlara taşımaktadır. Bu çalışmada, güç ölçümü için yükün seri olarak bağlı akım transformatörü ve voltaj regülatöründen sınırlı bilgi elde edilmektedir. Anlık izleme sırasında fazla enerji tüketen cihazların kapatılması konusu incelenmiştir (Rao ve Sudheer, 2020). ESP8266 modülünün MQTT aracısına bağlanarak yalnızca anlık izleme sağlayan bir çalışmada ise, güvenlik ve koruma teknolojisi uygulanmamış, önerilen sistem güvenlik risklerini azaltmak için bilgisayar üzerinde çalıştırılmıştır. Yerel ağda çalıştığından dolayı güvenlik mekanizması uygulanmadığı gözlemlenmiştir (Kodali ve Soratkal, 2016).

Önermiş olduğumuz sistemde ise, sıcaklık ve enerji tüketimini uzaktan izlemek için ekonomik bir çözüm önerilmekte ve aynı zamanda iletişimin yüksek güvenliğini sağlamaktadır. Ayrıca, önerilen sistemle, enerji kesintileri, sıcaklık artışları ve kapının açık unutulması gibi önemli hatalar tespit edilebilmektedir. Ayrıca, kritik hale gelmeden önce bazı küçük hataların tespit edilip düzeltilmesi mümkündür. Örneğin, buzdolaplarındaki soğutma sistemlerinde zamanla gazın azalması veya kapı contalarının gevşemesi ek enerji tüketimine neden olabilir, bu durumu algılamak ise zordur (Yamaguchi ve ark., 2013). Bu çalışmada önerilen sistem, buzdolabının

sıcaklığını optimal bir şekilde kontrol etmeyi ve açık buzdolabı kapısını algılamayı sağlayarak enerji tüketimini önemli ölçüde azaltır. Küçük hatalar da tespit edilip ek enerji tüketimi önlenir. Bu durumlarda, buzdolabı üreticileri için tasarlanmış bir arayüz üzerinden geçmiş kayıtları inceledikten sonra, tüm elektrik bileşenlerini uzaktan kontrol ederek hata tespiti yapılabilir.

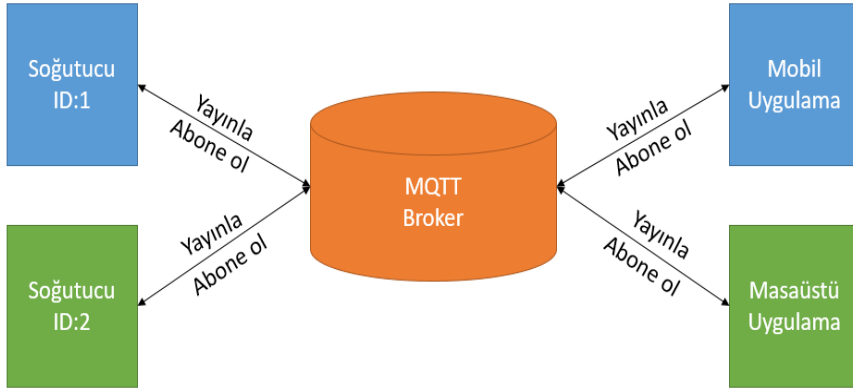
Öte yandan, hastanelerde, genetik laboratuvarlarda ve askeri alanlarda kullanılan buzdolaplarında enerji kesintileri veya kapının açık unutulması gibi durumları tespit etmek büyük bir öneme sahiptir. Bu tür durumları ele almak için, bu çalışma WiFi bağlantısı olmayabileceği durumlarda, ek bir uyarı olasılığı içermektedir; bunlar, Bluetooth bağlantısı aracılığıyla bir mobil uygulama veya merkezi bir sesli alarm ile gerçekleştirilebilir.

Materyal ve Metot

Sistem modelindeki en önemli noktalardan birisi sistem haberleşmesinde kullanılan MQTT protokolünün günümüzün en güçlü şifreleme algoritması olan AES şifrelemenin kullanılmasıdır. Böylece kötü niyetli kişilerce sistem yapısının bozulması önlenmiş ve yeni geliştirilecek sistemlere de ilham olması hedeflenmiştir.

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) Protokol

MQTT, hafif mesaj yapısı sayesinde kaynak kısıtlı ortamlarda sıklıkla tercih edilen bir yayın ve abonelik modeline dayanan bir mesajlaşma protokolüdür [7]. Belirli bir konu hakkında bilgi iletmek isteyen cihazlar bu bilgiyi yayınlamaya çalışır, bu konuyla ilgili bilgi almak isteyen diğer cihazlar ise abone olur. Temelde, yayınlanmak istenen mesajlar önce MQTT broker adı verilen bir sunucuya gönderilir (Şekil 1) ve ardından bu konuya abone olan herkese dağıtılır. MQTT ağına bağlı cihazlar "istemciler" olarak adlandırılır ve istemciler sadece bilgi almak istedikleri konulara abone olur. Mesajlar yayınlandığında, sadece ilgili istemcilere ulaşır, bu da hafif ve enerji tasarruflu bir iletişimi mümkün kılar.



Şekil 1. MQTT Protokol Yapısı

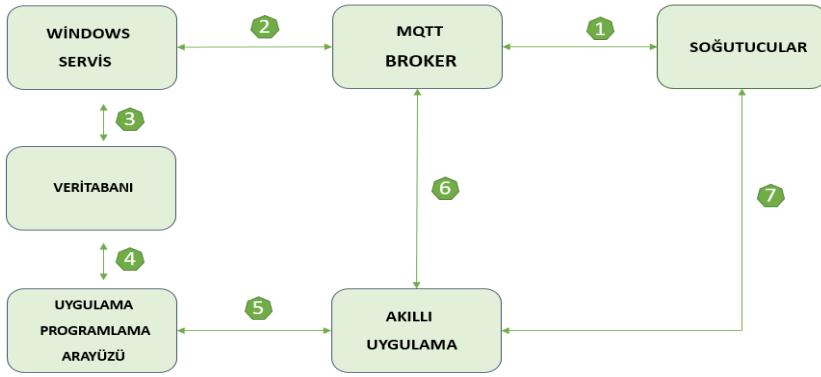
Protokol, temel güvenlik mekanizmalarıyla tasarlanmamıştır, bu nedenle geliştiriciler güvenlik açıklarını göz önünde bulundurmalıdır. MQTT bağlantılarını güvence altına almak için birkaç yöntem bulunmaktadır. Protokol, TCP/IP temelli olduğu için TLS güvenliği gibi önlemler

alınabilir. Bu çalışma kapsamında ise sistem güvenliğini daha da artırmak adına end-to-end şifreleme için AES şifrelemesi kullanılmaktadır.

Ayrıca, MQTT protokolünde internet üzerindeki veri kaybını önlemek amacıyla QoS (Hizmet Kalitesi), kalıcılık biti, saklanan mesaj biti, vasiyet ve bildiri biti, canlı kalma biti gibi aktifleştirilebilecek özellikler bulunmaktadır. Özellikle QoS1 seçildiğinde, mesajın alıcıya en az bir kez ulaştırılması garanti altına alınır. Saklanan mesaj bitinin etkinleştirilmesiyle, internet ağındaki kesintilerde bağlantı kurulduğunda MQTT aracısında depolanan veriler alıcılara iletilir.

Sistem Modeli ve Çalışma Prensibi

Sistem modüler yapısı ile hatayı en aza indirmeye ve anında müdahaleye açık şekilde tasarlanmıştır. Şekil 2’de gösterildiği gibi, 6 modül yapısı ve 7 haberleşme kanalı bulunmaktadır. Bu modüler yapı aynı zamanda farklı yapılarla yer değiştirilebilecek veya yeni mekanizmalar eklenebilecek şekilde tasarım yapılmıştır (Şekil 2).

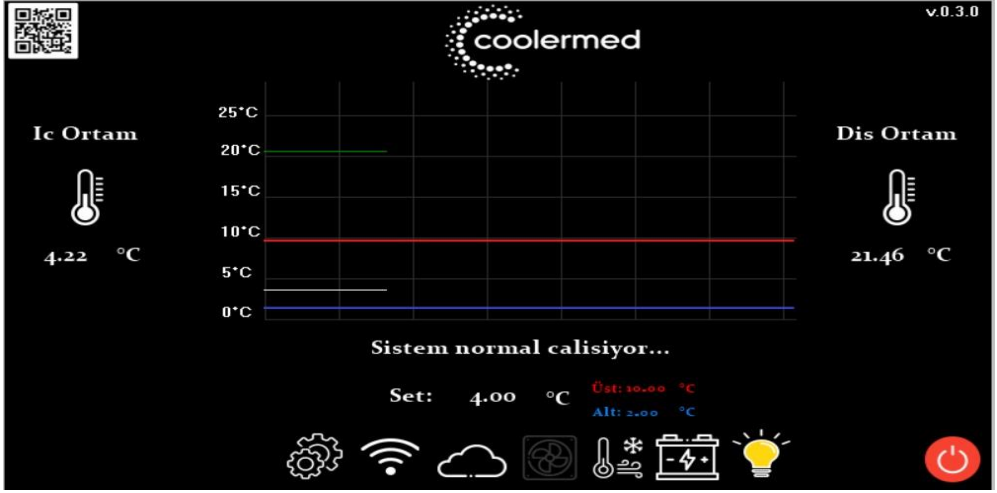


Şekil 2. Sistem Mimarisi

Soğutucular modülünde her çeşit buzdolabı yer alabilmektedir. Bunlar yerel ağa bağlanması ile MQTT aracısına bilgi gönderimi sağlayabilmektedir. Windows servis uygulaması ise MQTT aracısına abone olmasıyla tüm bilgileri alıp bir veri tabanına kaydetmektedir. Bilgilerin kullanıcılar tarafından görüntülenmesi için uygulama ara yüzü tarafından kontrol mekanizması geliştirilmiştir.

Soğutucular

Bu bölümde soğutma sistemi sabit kabul edilip, elektronik kart, sensörler ve yazılıma odaklanılmıştır. Gömülü sistem alanında Anakart, ESP32 ve LCD kullanıcı ara yüzü (Şekil 3) için 3 ayrı yazılım geliştirilmiştir. Ana kartta sensör bilgileri ve soğutma anahtarlamaları yapılırken, ESP32 modülü ile Wi-Fi ve Bluetooth haberleşmesi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3. Soğutucu ana ekran

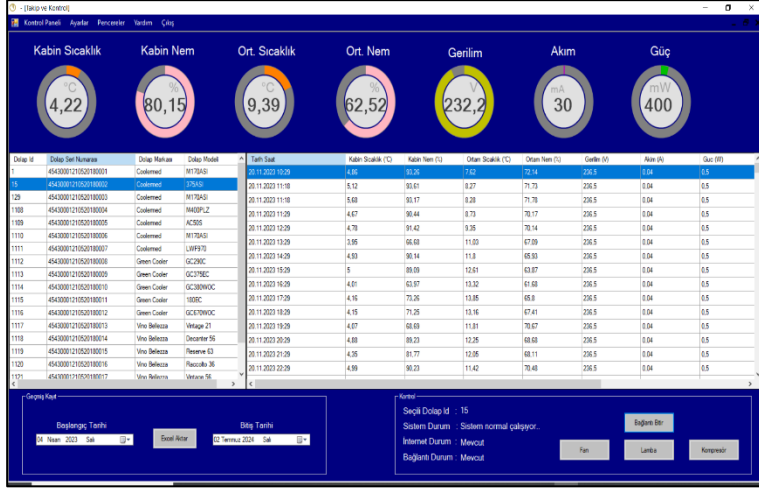
MQTT Broker

MQTT aracısı buzdolaplarından yayımlanan bilgilerin ilgili etiketlere abone olunması ile akıllı uygulamalar tarafından görüntülenmesini sağlar. Aynı zamanda akıllı uygulamalar tarafından yayımlanan komutların buzdolapları tarafında kontrol edilmesini sağlar. Kısaca anten görevi görmektedir. Verilerin kayıtlanması da aynı mantık ile işlemektedir.

Akıllı Uygulamalar

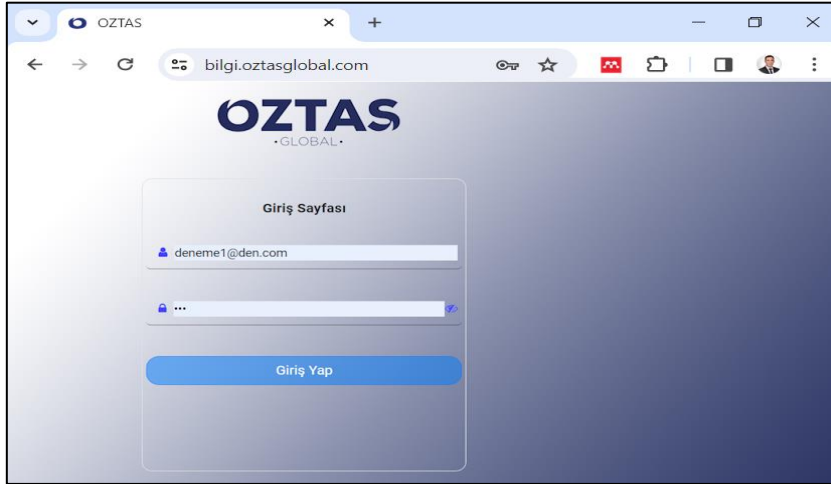
Bu bölümde masaüstü uygulama, web sitesi uygulaması ve mobil uygulama olarak 3 ayrı yazılım geliştirilmiştir. Masaüstü uygulaması soğutucular üzerinde tam yetkiye sahiptir. Uzaktan kontrol sağlayabilirken aynı zamanda anlık ve geçmişe yönelik kayıtları inceleyebilmektedir. Kullanıcı bilgileri Kullanıcı adı ve şifresi ile koruma altına alınmıştır. Sistem yetkisiz kullanıcılara tamamen kapalı durumdadır. Uzaktan servis verilebilirlik için geliştirilen bu uygulama ile anında müdahale sağlanabilmektedir.

“Mühendislik, Fen ve Sağlık Bilimleri’nde AR-GE ve İnovasyon Çalışmaları”



Şekil 4. Masaüstü Uygulama Giriş Sayfası

Şekil 4’te bir soğutucuya ait tüm veriler görüntülenmektedir. Geçmişe yönelik bu verilerin dışında üst bölümde yuvarlak grafiklerde anlık veriler görüntülenmektedir. Ayrıca sağ alt kısımda kompresör, fan ve lamba gibi komponentleri uzaktan kontrolü gerçekleştirilebilmektedir. Sisteme dolapların ve kullanıcıların eklenmesi de bu uygulama üzerinden gerçekleştirilmektedir.

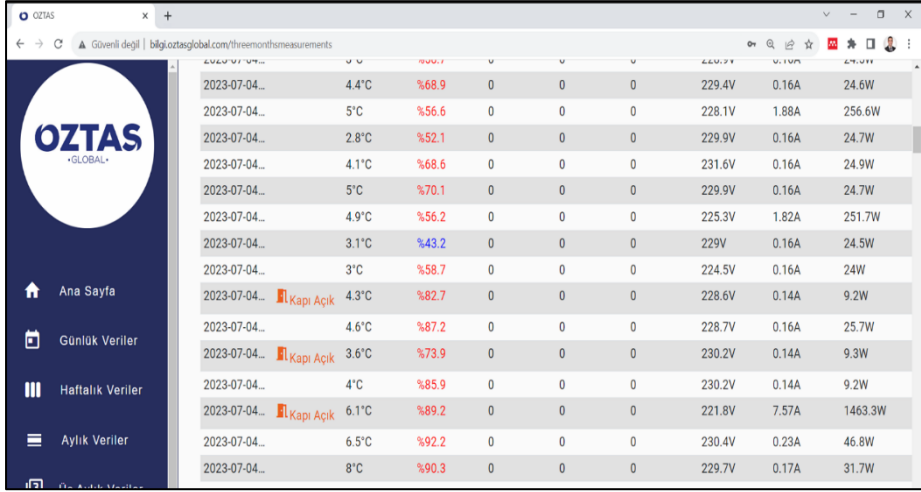


Şekil 5. Web sitesi Ara yüzü

Şekil 5’te görüldüğü gibi web sitesi ara yüzü üzerinden kullanıcı adı ve şifresi ile giriş yapılabilmektedir. Bu işlemin ardından Şekil 6’da görüldüğü gibi tüm veriler liste şeklinde

“Mühendislik, Fen ve Sağlık Bilimleri’nde AR-GE ve İnovasyon Çalışmaları”

görsütlenebilmektedir. Ayrıca aynı şekil üzerinde hata bildirimleri görüntülenmektedir. İstenildiği takdirde bu verilerin grafik şekilde görüntülenmesi mümkündür.



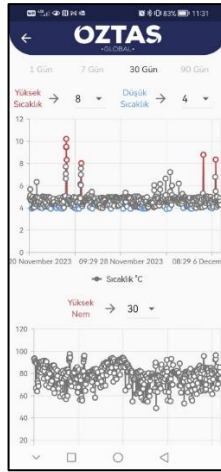
Tarih	Sıcaklık (°C)	Nem (%)	Yüksek Nem	Düşük Sıcaklık	Yüksek Sıcaklık	Yüksek Güç (W)	Düşük Güç (W)	Ortalama Güç (W)
2023-07-04...	4.4°C	%68.9	0	0	0	229.4V	0.16A	24.6W
2023-07-04...	5°C	%56.6	0	0	0	228.1V	1.88A	256.6W
2023-07-04...	2.8°C	%52.1	0	0	0	229.9V	0.16A	24.7W
2023-07-04...	4.1°C	%68.6	0	0	0	231.6V	0.16A	24.9W
2023-07-04...	5°C	%70.1	0	0	0	229.9V	0.16A	24.7W
2023-07-04...	4.9°C	%56.2	0	0	0	225.3V	1.82A	251.7W
2023-07-04...	3.1°C	%43.2	0	0	0	229V	0.16A	24.5W
2023-07-04...	3°C	%58.7	0	0	0	224.5V	0.16A	24W
2023-07-04...	Kapı Açık 4.3°C	%82.7	0	0	0	228.6V	0.14A	9.2W
2023-07-04...	4.6°C	%87.2	0	0	0	228.7V	0.16A	25.7W
2023-07-04...	Kapı Açık 3.6°C	%73.9	0	0	0	230.2V	0.14A	9.3W
2023-07-04...	4°C	%85.9	0	0	0	230.2V	0.14A	9.2W
2023-07-04...	Kapı Açık 6.1°C	%89.2	0	0	0	221.8V	7.57A	1463.3W
2023-07-04...	6.5°C	%92.2	0	0	0	230.4V	0.23A	46.8W
2023-07-04...	8°C	%90.3	0	0	0	229.7V	0.17A	31.7W

Şekil 6. Web sitesi Liste Görümü

Mobil uygulama tarafında hem Wi-Fi bağlantısı hem de Bluetooth bağlantısı yapılabilmektedir. Bluetooth BLE 5 teknolojisi ile Wi-Fi bağlantısı olmayan durumlar için tasarlanmıştır. Şekil 7.a’da görüldüğü gibi iki bağlantı türünden birisi seçilebilmektedir. Şekil 7.c’de örnek bir bluetooth bağlantısı görülmektedir. Şekil 7.b’de Wi-Fi bağlantısı üzerinden alınan verilerle grafik oluşturulmuştur.



(a)



(b)



(c)

Şekil 7. Mobil Uygulama Ara yüzü

Windows Servis

Windows servis uygulaması MQTT aracısı üzerinden ilgili etiket değerlerine abone olması ile gelen verileri alarak bir veri tabanına kayıt işlemlerini gerçekleştirir. Aynı zamanda alarm durumlarında mobil uygulamalara ilgili gönderim için alt yapı oluşturur.

Veri tabanı

Buzdolabından alınan verilerin kayır altına alınabilmesi için SQL veri tabanına kayıt işlemi gerçekleştirilmektedir. Bahsedilen veri tabanının ilişkisel veri tabanı olması sayesinde ilgili kişiye özel tanımlanan buzdolaplarının geçmişe yönelik veri takibi yapılabilmektedir.

Uygulama Programlama Ara yüzü

Akıllı uygulamalar tarafından bilgilerin kullanıcılara güvenli bir şekilde ulaşabilmesi için Uygulama Programlama Ara yüzü kullanılmaktadır. Kullanıcı yetkilendirmesi sayesinde sadece kullanıcıya ait dolaplar ve kayıtlar gösterilebilmektedir.

Bulgular ve Tartışma

Önerilen sistem prototipi, Öztaş Global Soğutma tarafından üretilen buzdolapları üzerinde yapılan testlerle değerlendirildi. Çalışma sırasında, fabrika laboratuvarları ve prototip atölyeleri, sistemin performansını değerlendirmek amacıyla kullanıldı. Önceki bölümlerde sunulan grafiklerle, tüm testlerin başarıyla tamamlandığı gösterildi.

Test sonuçlarına göre, MQTT protokolünün özellikleri olan bağlantı sorunlarını rapor etme ve tekrar gönderme gibi seçenekler, başarılı bir şekilde bağlantı sorunlarını önlemek için kullanıldı. Ayrıca, kayıtların güvenliği, SQL sunucusunun dışarıdan doğrudan erişimi engelleyecek şekilde sanal özel bir sunucuya yerleştirilmesi ile sağlandı. Haftalık olarak yapılan yedeklemeler, SQL sunucusunun sanal sunucu arızalarına karşı direncini artırmaktadır.

Bu testler, önerilen sistem prototipinin dayanıklılığını ve güvenilirliğini doğrulamaktadır. Özellikle, MQTT protokolünün sunduğu özellikler ve güvenlik önlemleri, sistemin bağlantı sorunlarına karşı etkili bir şekilde başa çıkabildiğini göstermektedir. Bu bulgular, önerilen sistemin endüstri standartlarına uygunluğunu ve güvenlik odaklı tasarımını vurgulamaktadır.

Sürekli enerji altında çalışan buzdolaplarının enerji verimliliğini artırmaya yönelik yapılan bu çalışma, elde edilen verilere dayanarak ve kritik bir hata oluşmadan önce sorunları tespit etme yeteneğiyle olumlu sonuçlar ortaya koymuştur. Bu araştırmanın özellikle buzdolaplarına odaklanmış olmasına rağmen, uzun süreli sürekli çalışma sonucunda deformasyona uğrayan tüm cihazlara uygulanabilirliği gözlemlenmiştir.

Enerji verimliliğinin artırılması, sürdürülebilirlik açısından önemli bir adımdır. Bu çalışma, sürekli enerji altında çalışan cihazlarda daha etkili enerji kullanımını teşvik etmektedir. Elde edilen başarılı sonuçlar, benzer sistemlerin ve cihazların enerji performansını optimize etmek için benzer stratejilerin uygulanabileceğini göstermektedir.

Ayrıca, sorun tespitindeki erken müdahale yeteneği, cihazların potansiyel arızalarını önleyerek iş sürekliliğini artırabilir. Bu, enerji tüketimini düzenlemek ve cihazların uzun ömürlülüğünü sağlamak için önemli bir unsurdur.

Sonuç olarak, bu çalışma, enerji verimliliği artışı ve erken hata tespiti konularında başarılı bir model sunarak, sürekli enerji altında çalışan buzdolapları ve benzeri cihazlar için önemli bir

katkı sağlamaktadır. Bu bulgular, endüstri standartlarına uygun tasarımların ve enerji yönetimi stratejilerinin geniş bir yelpazedeki cihazlar için uygulanabilirliğini vurgulamaktadır.

Kaynakça

Ahmad, N., Yusof, I. S. M., Abdullah, N. E., Jamaludin, N. F., Kamaruzzaman, D., Anuar, N. (2021). The Development of Smart Home Energy Monitoring System, IEEE 12th Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC), pp. 293-298 doi: 10.1109/ICSGRC53186.2021.9515294

Kodali, R. K., Soratkal, S. (2016). MQTT based home automation system using ESP8266, IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC), pp. 1-5 doi: 10.1109/R10-HTC.2016.7906845

Patel, H. K., Mody, T., Goyal, A., (2019). Arduino Based Smart Energy Meter using GSM, 4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU), pp. 1-6 doi: 10.1109/IoT-SIU. 2019.8777490

Rao, B. N., Sudheer, R., (2020). Energy Monitoring using IoT, International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT), pp. 868-872 doi: 10.1109/ICICT48043.2020.9112426

Vikram, S. M., Aswin, R., Rahul, S., Harish, A., Deepa, K., Manitha, P. V., Sailaja, V., (2022). Internet of Things based Smart Energy Meter with Fault Detection Feature using MQTT Protocol, 8th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS), pp. 1592-1596 doi: 10.1109/ICACCS54159.2022.9785026

Yamaguchi, S., Emoto, M., Yamamoto, N., Sun, J., Watanabe, H., Hamabe, M., Kawahara, T., (2013). Refrigeration Process to Realize a Multistage and Gas-Cooled Current Lead, IEEE Transactions on Applied Superconductivity (Volume: 23, Issue: 3, June 2013), pp. 1592-1596 doi: 10.1109/TASC.2013.2243896

Karmaşık Geometrilere Sahip Parçaların Döküm Simülasyonu ile Tasarımı ve Prototip Üretimi

Buğrahan Özkan, Erhan Özkan, Berna Gül

Dikkan, Ar-Ge Merkezi, İzmir, Türkiye

bugrahan.ozkan@dikkan.com, erhan.ozkan@dikkan.com,
berna.gul@dikkan.com

Giriş

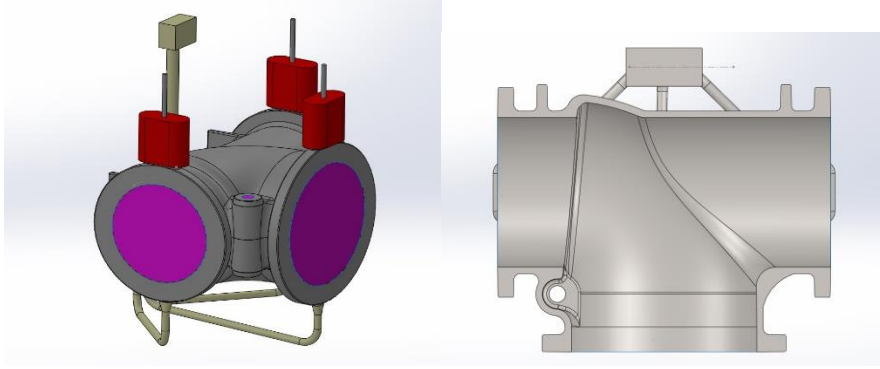
Doğada bulunan maddeleri istenilen özellik ve biçimdeki ürünlere dönüştürmede kullanılan en eski üretim yöntemlerinden biri döküm yöntemidir. İlk bulgular M.Ö 4000 yılına kadar geri giden bir geçmişi olduğunu göstermektedir (Uygun, 2018). Diğer imal yöntemlerine göre birçok üstünlüğü bulunmaktadır. Çok karmaşık biçimli içi boş parçaların üretimi mümkündür. Seri üretime uygun ekonomik bir yöntemdir. Parça başı büyüklük ve ağırlık sınırları çok geniştir.

Döküm simülasyon programlarının ana hedefi, döküm işlemi sırasındaki ergimiş metalin akış esnasındaki katılaşma metalurjisinin simülasyonunu sağlamaktır (Arda ve Kayıkçı, 2006). Simülasyon programları ile sistem içerisindeki akış, katılaşma hızı, gerilim dağılımı, gözenek, gaz boşluğu gibi başlıklarda analizler gerçekleştirilebilmektedir (Savaş ve ark., 2005). Bu şekilde prototip üretime geçmeden önce parametreler tespit edilerek ilk deneme dökümünde istenilen sonuçların elde edilmesi mümkün olacaktır (Marques, 2006).

Simülasyon programları sayesinde kalıplama işlemlerinin yüksek maliyetleri azaltılarak etkin ve hızlı üretimler yapılabilmesi mümkündür ayrıca sıvı metalin sistemdeki metalurjik davranışları da kolayca izlenebilmektedir.

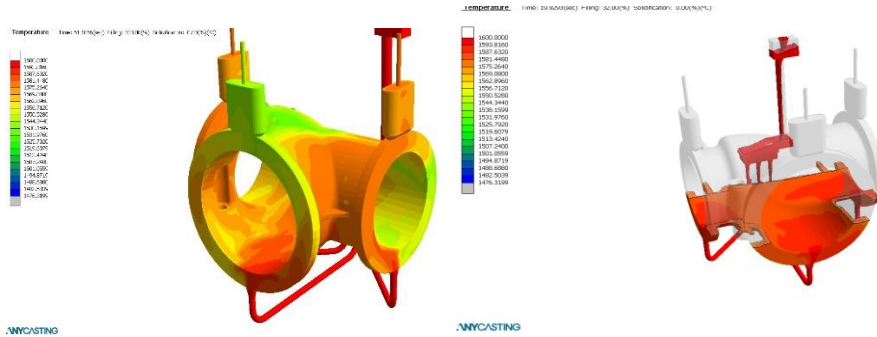
Materyal ve Metot

Dökümü yapılacak parçanın tasarımı CAD (computer aided design) ile tamamlanmıştır. Bu tasarım, simülasyon çalışması için gerekli veriyi sağlamaktadır. Parçanın döküm simülasyon işlemi için Solidworks programı kullanılarak tasarımı yapılmıştır. Şekil 1’de bu tasarımın görüntüsü gösterilmektedir.



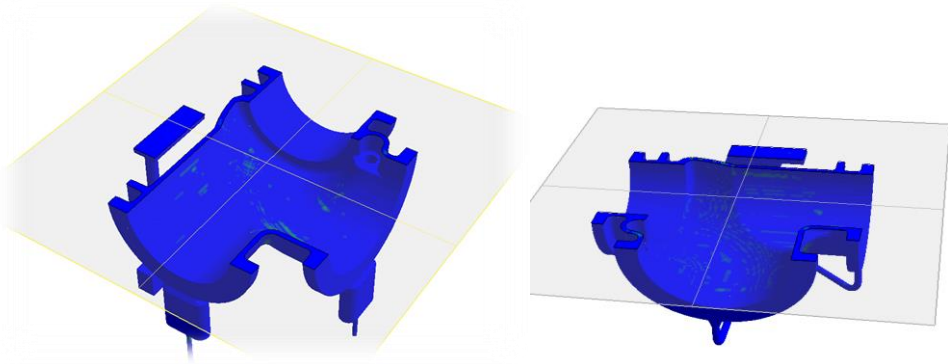
Şekil 1. Çalpara çekvalf gövde CAD çizimi.

Anycasting döküm simülasyonu programı kullanılarak parçanın flanş kısımlarından seramik yolluk kullanıldı. Simülasyon üzerinden malzeme olarak Astm A216 standardında bulunan WCB malzeme seçildi. Döküm sıcaklığı 1600 °C derece olarak alınmıştır. Parça brüt 1620 kg gelmektedir. Simülasyon sonuçlarına göre seçilen yolluk tasarımında dolum süresi 45 saniye gelmektedir. Şekil 2’de Dolum zaman sıcaklık analizi gösterilmektedir.



Şekil 2. Çalpara çekvalf gövde dolum – sıcaklık analizi.

Dolum süresi hesaplamalarına göre istenen zamanda gerçekleşen simülasyon verilerinin Şekil 3’te olası çekinti analizi gösterilmiştir.



Şekil 3. Çalpara çekvalf gövde çekinti analizi.

İncelenen simülasyon renk skalası verilerine göre hata görülme ihtimali oldukça düşüktür. Model yapım süreci için modelhane birimine simülasyon verileri gönderildi. Şekil 4’te görülen modeller yapılarak kalıplama birimine teslim edildi.



Şekil 4. Çalpara çekvalf gövde model fotoğrafları.

Üretim birimine teslim edilen modeller simülasyon programında belirlenen şekilde kalıplanmaya alındı. Kalıplama kumu içerisine mikserlerde reçine ve sertleştirici ilave edildi. Anycasting simülasyon programı üzerinde sorun görülebilecek kısımlara kromit kumu ilavesi yapıldı. Kalıplanan model ve maça sandığı Şekil 5’te gösterilmektedir.



Şekil 5. Çalpara çekvalf gövde kalıplama.

İşlenmemiş ağırlığı 1620 kg olan gövde kalıplandıktan sonrası maçası yerleştirilerek döküm işlemine hazırlandı. WCB malzemesi ocakta hazırlandı. Hazırlanan analiz tablosu tablo 1’de belirtilmiştir. Hazırlama işleminden sonra döküm gerçekleştirildi.

Tablo 1. Çalpara çekvalf gövde kimyasal analizi.

Malzeme (Material)	% Kompozisyon (Composition)							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
WCB	0,3	0,65	1,14	0,02	0,01	0,04	0,01	0,02

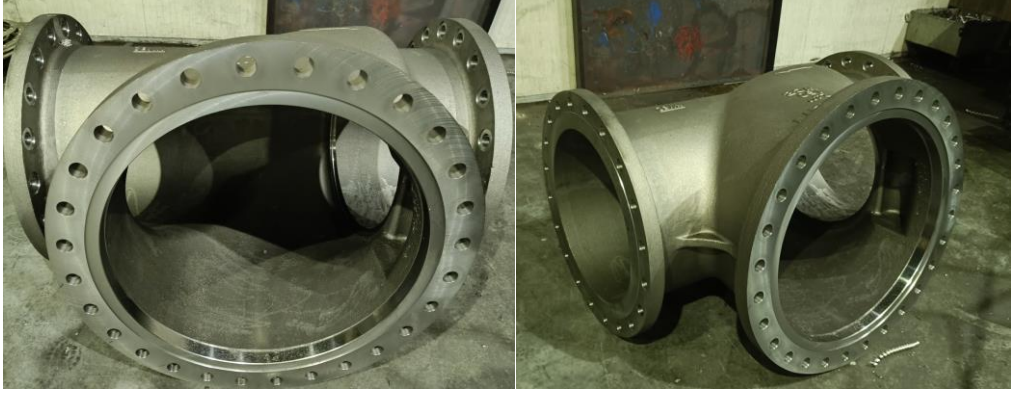
Şekil 6’da dökümü gerçekleştirilmiş wcb malzemeli DN 600 çalpara çekvalf gövdenin işleme öncesi görüntüsü Şekil 6’da gösterilmektedir.



Şekil 6. Çalpara çekvalf gövde işleme öncesi görsel.

Kalite kontrol işlemleri ardından parça hazırlanarak bir sonraki aşama olan işleme kısmına sevk edilmiştir. WCB malzeme kaynaklanabilir b sınıfı mekanik özelliklere sahip karbon çeliğidir işleme yapıldıktan sonra gövde görselleri tekrar kalite kontrol birimi tarafından kontrol edildi. Çekme çubuğu kullanılarak malzemede oluşacak olan çekme, akma, kopma değerleri ve metalografik değerleri de kontrol edildi.

ASTM A216 standardında WCB malzeme de olması gereken akma gerilimi değeri numune döküm üzerinde 250 MPa olarak test edilerek kaydedildi. Numune döküm üzerinden alınan sertlik sonuçları ise 137 Brinell gelecek standardı sağlamıştır. İşlemesi tamamlanan çalpara çekvalf gövdeye ait görseller şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. Çalpara çekvalf gövde işlenmiş haline ait görsel.

Sonuç

Bu çalışmada, vana sektöründe uygulanan bir gövde parçasının alternatif yolluk tasarımı, bilgisayar destekli tasarım, simülasyon, prototipleme ve karakterizasyon yöntemleri ile incelenmiştir. Bilgisayar destekli tasarım sonrasında tasarımın dolun süresi-sıcaklık, mikro çekinti analizleri ile akış hızları simülasyon programı ile elde edilmiştir.

Araştırmada, simülasyon destekli tasarımların Ar-Ge prototip üretim ve tasarım doğrulama süreçlerinde kalitesizlik nedeniyle oluşan fire maliyetlerini düşürdüğü belirlenmiştir. Ayrıca, yolluk tasarımının üretilen parçaların metalurjik özelliklerini doğrudan etkilediği saptanmıştır. Bir başka önemli bulgu ise, simülasyon ortamında bilgisayar destekli tasarımla elde edilen sonuçların prototip üretim sonuçlarıyla tam olarak uyuşmasıdır. Bu nedenle, tasarım aşamasında yapılan simülasyon ve bilgisayar destekli tasarım çalışmaları mühendislik uygulamalarında hayati bir önem taşımaktadır.

Kaynakça

Arda, İ., Kayıkcı, R. (2006). Döküm simülasyonu nedir? Ne değildir? Metal Dünyası, 154; 144-148.

Marques, M.J. (2006). CAE Techniques for casting optimization, Instituto de Engenharia Mecanica e Gestao Industrial, 1-4.

Savaş, Ö., Kayıkcı, R., Cüceloğlu, E. (2005). Alüminyum-Silisyum alaşımlarının dökümünde mikro porozite probleminin incelenmesi, Metal Dünyası, 144; 119-123.

Uygun, Ö. (2018). Kokil kalıp ve uygulamalarında termal gerilme ve analiz etkisinin araştırılması (Doctoral dissertation, Necmettin Erbakan University (Turkey)).

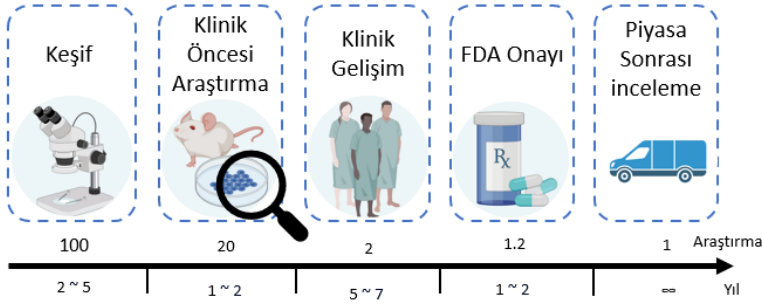
Klinik Öncesi Deneyle İçin In-vitro Hastalık Modelleri

Dilara Sabırtaş, Şeyma Taşdemir

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü,
Biyomühendislik Anabilim Dalı, Manisa-Yunusemre, Türkiye

Giriş

İlaç geliştirme sürecinde (Şekil 1) molekül keşfi, ilacın etkinliğinin ve güvenilirliğinin doğrulanması, klinik öncesi çalışmalar, klinik deneyler, ruhsatlandırılması ve üretimi aşamaları bulunmaktadır (Singh vd., 2023). Bu süreç boyunca çeşitli matematiksel modeller, klinik öncesi ve klinik modeller kullanılmaktadır. Geliştirilen terapötik ajan farklı modeller ile birtakım testlere tutulmasına ve biyoteknoloji alanındaki hızlı gelişmelere rağmen, ilaç geliştirme süreci hala uzun ve oldukça maliyetlidir (Biala vd., 2023).

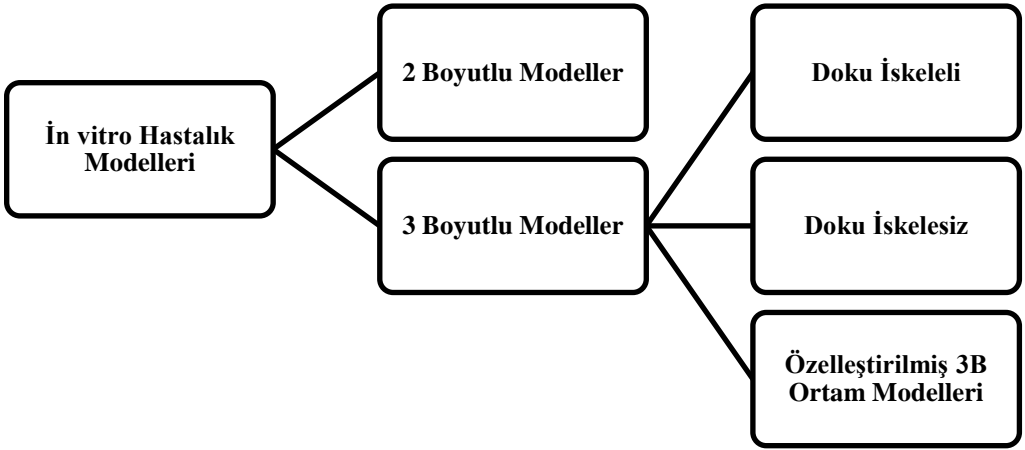


Şekil 1. İlaç geliştirme süreci (Chi vd., 2022)

İlaç geliştirme sürecinin keşif aşamasında, aday molekülün güvenilir ve etkin molekül olduğunu doğrulamak için pek çok araştırma yapılmaktadır. Keşif aşamasında yapılan bu araştırmalar sonucunda potansiyel ilaç olma aday moleküllerinin yaklaşık %20’si klinik öncesi araştırma basamağına geçebilmektedir. Klinik öncesi araştırmalarda molekülün farmakokinetik ve farmakodinamik özellikleri, toksik ve etkin doz aralıkları in vitro ve in vivo çalışmalar ile bulunur. Klinik öncesi araştırmalarda geliştirilen in vitro hastalık modelleri sayesinde bu özellikler çok daha gerçekçi şekilde ele alınmaya başlanmıştır. Geliştirilen modeller sayesinde klinik araştırma aşamasına geçen potansiyel ilaç adayı oldukça çok azalmıştır (Mohs ve Greig, 2017). Klinik öncesi yapılan in vitro araştırmalar, potansiyel terapötik ajanın güvenirliliği hakkında bilgi sağlamanın yanı sıra, aynı zamanda spesifik etkisini ve istenmeyen yan etkilerini yani hedef dışı farmakolojik etkilerini de anlamaya yardımcı olmaktadır. In vitro’da elde edilen sonuçlar doğrultusunda, in vivo çalışmalara geçilmektedir. (Shen vd., 2019). In vivo’da doğrulanan potansiyel terapötik ajan daha sonrasında klinik araştırma basamağına geçmektedir. Klinik araştırmalar terapötik ajanın güvenirliliği, etkin dozunun ve performansının değerlendirildiği adımdır ve faz I, faz II ve faz III olmak üzere üç aşamaya ayrılmaktadır (Chi vd., 2022). Faz I aşaması, gönüllü sayısının en az olduğu aşamadır. Burada klinik veriler ile klinik öncesi veriler karşılaştırılmaktadır. Farmakokinetik, farmakodinamik özellikleri,

hedeflenen aktivite ve hedef dışı aktivite ilk olarak insan üzerinde bu aşamada incelenmektedir. Faz II aşamasında ilacın güvenilirliği test edilmektedir ve etkili olan optimum doz bulunmaktadır. Son olarak faz III aşaması belirli bir popülasyonda terapötik ajanın etkileri incelemektedir. Bu aşama gönüllü sayısının en fazla olduğu aşamadır. Klinik araştırmalardan geçen terapötik ajan Gıda ve İlaç İdaresi (Food and Drug Administration, FDA) tarafından onaylanıp, üretimi yapıldıktan sonra piyasaya sürülür. Piyasada bulunan ilacın uzun süreli etkilerini incelemek için faz IV çalışmaları yapılmaktadır. Bu aşamada farklı etnik gruplardan hasta bilgileri alınır ve incelenir (Shegokar, 2020). Bu derleme, klinik öncesi araştırmalar için in vitro hastalık modellerinin gelişimini ve bu modellerin günümüzdeki önemli rolünü anlatarak, bu alandaki önemli gelişmeleri vurgulamayı amaçlamaktadır.

Birçok biyomedikal araştırmada hedef, hastalıkların mekanizmasını anlamak veya yeni tedaviler geliştirmektedir. In vivo’da hastalıkların modellenmesinde ilerleme sağlanmasına rağmen, fizyolojik farklılıklar ve türler arası yapısal farklılıklardan dolayı hedeflenen hastalık modeli tam olarak tasarlanamamaktadır. Bu kısıtlamalar da klinik öncesinde etkinliği doğrulanan terapötik ilaçların klinikte başarısız olmasına sebep olmaktadır. Kısıtlamaların üstesinden gelebilmek için in vitro’da, farklı hücre tiplerinin ve yapıtaş molekülünün de dahil olduğu yeni hastalık modellerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır (Benam vd., 2015). In vitro hastalık modelleri, 2B ve 3B modeller olarak iki ana gruba ayrılmaktadır.



Şekil 2. In vitro hastalık modelleri (de Dios-Figueroa vd., 2021)

2 Boyutlu Modeller

2B in vitro modeller, hücrelerin tek katmanda büyütüldüğü modellerdir. In vitro 2B modeller in vivo’ya göre daha kısa sürede ve daha az maliyetle ve daha kolay bir şekilde yürütülebilmektedir (Fogliette vd., 2021). 2B in vitro modellerin bu avantajlarına rağmen, hücre morfolojisinde kayıpların meydana gelmesi eğilimi vardır ve bu nedenle de modellenen hastalığın veya dokunun fonksiyonunu ve mekanizmasını birebir yansıtamama, doku karmaşıklığını yeterince taklit edememe gibi kısıtlamaları bulunmaktadır (Kapałczyńska vd., 2016). 2B modellerim bir diğer kısıtlaması ise, tek katmanda gelişim gösteren hücre yüzey reseptörlerinin, 3B ortama göre

daha fazla terapötik maddeye maruz kalmasıdır. Bu durum hücrelerin üzerlerinde yapılan toksikoloji çalışmalarına organizmada verilen farklı tepkiler vermesine sebep olmaktadır (Louit vd., 2023).

Geleneksel 2B in vitro modellere alternatif olarak, insan kaynaklı pluripotent kök hücreler (hİPSC)’ler de kullanılmaktadır. Geleneksel yöntemlere göre üstün olan özelliği, istenilen hücreye farklılaşma özelliğine sahip olmasının yanı sıra, kişinin somatik hücrelerinden elde ediliyor olmalarından dolayı, hastanın genetik arka planını da taşıdığı için hİPSC’leri hastalık modellemede cazip kılan özellikler arasındadır. Bu sayede kişiye özgü 2B in vitro hastalık modelleri yapılabilmektedir (Liu vd., 2018). Ancak hİPSC’lerde de dezavantaj olarak hücre-hücre ve hücre-matriks etkileşiminin yeterli olmamasından dolayı hücrelerin morfolojisini kaybetmesi, olgunlaşma ve farklılaşma sorunlarını ortaya çıkarabilmektedir (Castellanos-Montiel vd., 2023).

3 Boyutlu Modeller

2B in vitro modellerde söz konusu kısıtlar sebebiyle, yüksek verimli ilaç taranması için in vitro ortamda doğal ortamına daha benzer şekilde 3B hastalık, doku veya organ tasarlama çalışmaları hız kazanmıştır (Huskin vd., 2023). İdeal 3B modeller hücre-hücre, hücre-matriks etkileşimine izin veren, farklı hücre türlerinin aynı ortamda bulunabildiği, yeterli besin ve oksijenin sağlandığı, doku özelliğinin veya hastalığın fizyolojik veya patofizyolojik özelliklerinin bulunduğu modellerdir (Langhans, 2018). 3B modeller, dokuya veya hastalığa özgü olmalarının yanı sıra, artan hücre yoğunluğuna izin vermesi, hücre-hücre, hücre-matriks sinyallerine sahip olması avantajına sahiptir. Diğer bir yandan ise, standardize edilememeleri ve üretilen modellerin kısa süreli ömürleri ise dezavantaj oluşturmaktadır (Collins vd., 2019).

İskele Tabanlı 3B Modeller

İskele tabanlı 3B modeller hücre-hücre ve hücre-matriks etkileşiminin sağlandığı, sinyal iletiminin sağlandığı ve migrasyon için gerekli olan mekanik desteğin doku iskeleleri ile sağlandığı modellerdir (Unnikrishnan vd., 2021).

Bu yöntemde doku iskelesi için genellikle polimerler tercih edilmektedir. Sentetik polimerde viskozitenin ayarlanabilmesi, yeterli mekanik özelliğe sahip olması gibi avantajları bulunurken, düşük biyouyumluluk ve doğal polimere göre daha geç bozunma özellikleri kısıtlama oluşturabilmektedir. Doğal polimerler yüksek biyouyumlu olmalarına rağmen, stabil olmama ve kısa sürede bozunma gibi kısıtlamaları bulunmaktadır (Zulkifli vd., 2023). Bunlara ek olarak, ko-polimerler iyi mekanik özelliklere sahip olmaları, termal stabiliteilerinin ayarlanabilir olması ve bir araya getirme oranları değiştirilerek üretilebilen avantajlarından dolayı iskele tabanlı 3B modellerde tercih sebebi olmaktadır (Reddy vd., 2021).

İskele tabanlı 3B in vitro modeller ana hatlarıyla solvent döküm, elektroçirme ve 3B biyobaskı yöntemleriyle üretilmektedirler. Solvent döküm yönteminde iskeleyi oluşturacak polimerin içerisinde çözünmeyen bir tuz kullanılır. İskele üretimi yapıldıktan sonra, gözenekli iskele elde edebilmek için tuzun çözünmesi amacıyla iskele suya alınır ve tuz suda çözdürülür. Nihayetinde gözenek yapısı fazla ve ayarlanabilir iskele elde edilmiş olunur (Shyam vd., 2023). Elektroçirme ise nanofiber üretmek, hücrelerin tutunacağı yüzey oluşturma yöntemlerinden biridir. Sıvı halde bulunan polimer, voltaj yardımıyla toplama yüzeyine püskürtülür. Nanofiber oluşturma sürecinde elektrik alan oluşmaktadır. Bu alan polimer damlacıklarının yüzey gerilimini azaltır ve nanofiber oluşmasını sağlayacak Taylor konisi formunu almalarını

sağlamaktadır (Pandey vd., 2023). Yüksek yüzey hacim oranına sahip olmaları, ayarlanabilir gözenek boyutu ve fiber yapıya sahip olma gibi avantajları bulunmaktadır (Zulkifli vd., 2023). 3B biyobaskı, üretilmek istenilen doku iskelesinin katmanlarının tek tek üretildiği yöntemdir. İstenilen gözenek yapısına göre üretim yapılabilmesi en önemli avantajıdır. Bunun yanı sıra kullanılacak olan polimerin baskıya uygun olması gerekmektedir (Yazdanpanah vd., 2022).

İskele tabanlı 3B in vitro modellerin kullanıldığı hastalıklardan biri kanserdir. Kanser dokusunun 3B modellenmesi için doku iskelesine ihtiyaç duyulmasının sebebi, yüksek verimli ilaç taramasının yapılacağı, doğal mikro çevreyi taklit eden 3B ortama duyulan ihtiyaçtır. (Hirt vd., 2015). Tomar ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, MCF7 ve MDA-MB-231 sert (rigid) meme kanseri hücre hatlarını ve HCT116 yumuşak (soft) kolon kanseri hücre hattını kullanarak 5 gün boyunca başarılı bir şekilde, *Bacillus subtilis* ve *Pseudomonas mendocina* bakterilerinden elde edilen doğal poliester olan P(3HO-ko-3HD) ile P(3HB)’ün karışımı hücre iskelesinde tümör formu oluşturmayı denemişlerdir. Katı tümörler üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda, MDA-MB-231 hücrelerinin oluşturduğu katı tümör, 2B’te kültürlen hücelere göre *Wnt-11*, *Vim* ve *Snail* marker genlerini daha fazla ekspres ederken MCF7’de bu marker genlerinin ekspres olması değişmemiştir. Ancak diğer yandan MCF7 katı tümörlerinin de MDA-MB231’e göre, *E-cadherin* marker genini daha fazla ekspres ettiği ve kanser modelinin oluşturulduğu doğrulanmıştır. Kullanılan modelin kanser mekanizmasını anlamada ve yüksek verimli ilaç taramada önemli bir araç olabileceği vurgulanmıştır (Tomar vd., 2022)

İskele Kullanılmayan Modeller

İskele kullanılmayan 3B in vitro modeller hücre tabakası tekniği, tek hücre enjeksiyonu ve mikro doku olarak 3’e ayrılmaktadırlar (Kelm ve Fussenegger, 2010). Hücre tabakası tekniği hücrelerin, sıcağa duyarlı bir zeminde, sağlam bir şekilde tabaka formunu oluşturduğu tekniktir. Bu yöntemde amaç proteolitik enzimleri kullanmadan, yüzeyden hücreleri tabaka elde edebilmektir. Elde edilen hücreler direkt olarak doku oluşumu istenilen alana alınabilir veya üst üste konularak 3B bir yapı elde edilmektedir. Tek hücre enjeksiyonunda ise, enjeksiyon yapılan bölgede, bölgeye gönderilen hücrelerin çok azı canlı kalır. Buna ek olarak, enjeksiyon yapılan bölgede, doku hasarı meydana gelirse hücreler ilgili bölgede prolifere olmayabilirler (Chen vd., 2015).

Mikro doku tekniğinde organoid ve sferoid kültürler bulunmaktadır. Organoid ve sferoid kültür birbirleri yerine kullanılabilen terimler gibi dursa da iki arasında belirgin farklar bulunmaktadır. Organoid, belirli bir dokunun veya organın 3B olarak in vitro ortamda, çeşitli kök hücre türleriyle (indüklenmiş pluripotent kök hücreleri, embriyonik kök hücreleri ve yetişkin kök hücreleri) büyüme faktörü veya hücre dışı matriks kullanılarak oluşturulmaktadır. Oluşan organoid daha sonra kullanılmak üzere kryoprotektanlar ile dondurulup saklanabilmektedir. Sferoid ise bir organın karmaşıklığına benzemeyen, organoidlere göre daha az kompleks yapılarıdır. Sferoidler genellikle tek bir hücre hattından oluşmaktadır (Gunti vd., 2021). Organoidler ise daha kompleks yapı göstermelerinden dolayı hastalıkları modelleme ve ilaç test etme konusunda daha büyük bir potansiyele sahiptir (Lee vd., 2023).

Lavekar ve arkadaşları (2023) Alzheimer hastalığının (AH) retina içerisinde fenotipinin gözlenmesinden yola çıkarak, 3B klinik öncesi AH araştırmaları için insan pluripotent kök hücrelerden (hPSC) retinal organoid oluşturmayı hedeflemişler. Oluşturdukları organoid modelinde, insanda histapolojik belirteç olan amiloid beta proteininin birikimi ve amiloid beta 42:40 oranında artışının, oluşturulan retinal organoid modelinde de arttığını ve ek olarak yine histopatolojik belirteç olan hiperfosforile olmuş tau protein miktarının oluşturulan modelde de arttığı raporlanmıştır. Sonuçlar doğrultusunda oluşturulan retinal organoidin AH modellemede

başarılı olduğu ve AH ilgili klinik öncesi araştırmalara farklı bir boyut kazandırdığı raporlanmıştır.

Özelleştirilmiş 3B Ortam Modelleri

2B in vitro kültürün kısıtlamalarını aşmak için kullanılan diğer hastalık modellerinden biri ise özelleştirilmiş 3B ortam modelleridir. Özelleştirilmiş 3B ortam modellerinden birisi mikroakışkan sistemlerdir. Mikroakışkan sistemler küçük ölçekte, belirli bir platformda hücrelerin kültürlenmesine ve çeşitli araştırmalara izin vermektedir (Niculescu vd., 2021). Mikroakışkan sistemlerde cihaz ve deney tasarımının kısıtlanmaması, düşük hücre konsantrasyonlarında ve besi ortamında çalışılabilmesi, gerçek zamanlı analizlere izin vermesi, perfüzyon kültüre ve ko-kültüre izin vermesi gibi birtakım özellikler ön plana çıkmaktadır. Ancak standardize olmaması, küçük hacimlerde çalışılmasının zor olması ve çip tasarımının karmaşık olması gibi kısıtlamaları bulunmaktadır (Halldorsson vd., 2015).

Örneğin özelleştirilmiş 3B in vitro hastalık modeline örnek olarak Haque ve arkadaşları, pankreas duktal adenokarsinomunun (PDAC) karmaşık yapısından dolayı ilaç tedavisinin yetersiz kalması ve klinik tedavide başarı oranının düşmesi sebebiyle, ilaç taraması yapılabilen mikroakışkan cihaz tasarlama çalışmalarıdır. Bu çalışmada araştırmacılar kanser hücreleri ve bağışıklık sistem etkileşimini modelleyebilmek amacıyla, çok odacıklı mikroakışkan sistem oluşturarak, cihazda kişiye özgü tedavi amacıyla hasta kaynaklı pankreas yıldız hücrelerinden organoid oluşturarak, stromal hücreleri ve makrofajları kullanmışlardır. Mikroakışkan sistem üzerinde yapılan bu araştırma sonucunda PDAC’i tedavi etmek için kullanılan ilaçlar ile doğrudan stromal hücrelerinin hedeflendiği tedavi biçiminde, kanser hücrelerinin apoptoza uğradığı raporlanmıştır (Haque vd., 2022)

Sonuç

Yeni keşfedilmiş bir molekülün, terapötik ajan adayı olarak başlayıp piyasaya sürülen ilaç olarak son bulan yolculuk süreci oldukça uzun ve pahalı bir süreçtir. Yapılan araştırmalarda terapötik ajanın toksikolojik, farmakodinamik, farmakokinetik testlere tabi tutulmasına ve nihayetinde güvenilir ve etkinliğinin kanıtlanmasına gerek duyulmaktadır. Bu sebeple klinik öncesi çalışmaların insan mikro çevresini mümkün olan en iyi şekilde taklit etmesi zaman ve para tasarrufu açısından çok büyük önem taşımaktadır. Klinik öncesi araştırmalarda karşılaşılan çeşitli kısıtlamaların üstesinden gelmek, yüksek verimli ilaç taraması yapabilmek, hastalıkların mekanizmasını anlamak ve tedavi seçeneklerini değerlendirmek amacıyla 3B in vitro hastalık modelleri geliştirilmektedir. 3B in vitro modeller, iskele tabanlı, iskele kullanılmayan ve özelleştirilmiş 3B ortam olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Her bir modelin modelleyeceği hastalığa, doku ya da organın yapısına, karmaşıklığına göre avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır.

Geliştirilen in vitro hastalık modelleri, hastalıkların patofizyolojisinin anlaşılması, yeni tedavi stratejilerinin geliştirilmesi ve kişiye özgü tedavi seçeneklerinin geliştirilmesi gibi klinik öncesi araştırmalarda önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca 3B in vitro modeller, istenilen mikro çevreyi gerçeğe daha yakın taklit etmesinden dolayı geleneksel yöntemlere kıyasla klinik öncesi araştırma alanında daha fazla kullanım potansiyeline sahiptir.

Kaynakça

- Benam KH, Dauth S, Hassell B, Herland A, Jain A, Jang KJ, Karalis K, Kim HJ, MacQueen L, Mahmoodian R, Musah S, Torisawa YS, van der Meer AD, Villenave R, Yadid M, Parker KK, Ingber DE. (2015). Engineered in vitro disease models. *Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease*, 10:195-262. doi: 10.1146/annurev-pathol-012414-040418
- Biala G, Kedzierska E, Kruk-Slomka M, Orzelska-Gorka J, Hmaidan S, Skrok A, Kaminski J, Havrankova E, Nadaska D, Malik I. (2023). Research in the Field of Drug Design and Development. *Pharmaceuticals*, 16(9):1283. doi:10.3390/ph16091283
- Castellanos-Montiel MJ, Chaineau M, Franco-Flores AK, Haghgi G, Carrillo-Valenzuela D, Reintsch WE, Chen CX-Q, Durcan TM. (2023). An Optimized Workflow to Generate and Characterize iPSC-Derived Motor Neuron (MN) Spheroids. *Cells*, 12(4):545. doi:10.3390/cells12040545
- Chen G, Qi Y, Niu L, Di T, Zhong J, Fang T and Yan W. (2015). Application of the cell sheet technique in tissue engineering. *Biomedical Reports*, 3: 749-757. doi: 10.3892/br.2015.522
- Chi LH, Burrows AD, Anderson RL. (2022). Can preclinical drug development help to predict adverse events in clinical trials? *Drug Discov Today*, 27(1):257-268. doi: 10.1016/j.drudis.2021.08.010
- Collins SD, Yuen G, Tu T, Budzinska MA, Spring K, Bryant K, Shackel NA. (2019). In vitro models of the liver: Disease modeling, drug discovery and clinical applications. In: Tirnitz-Parker JEE (editors). *Hepatocellular Carcinoma*. Brisbane, Exon Publications. pp. 47-67. ISBN: 978-0-9944381-8-8 (Online).
- de Dios-Figueroa GT, Aguilera-Marquez JdR, Camacho-Villegas TA, Lugo-Fabres PH. (2021). 3D Cell Culture Models in COVID-19 Times: A Review of 3D Technologies to Understand and Accelerate Therapeutic Drug Discovery. *Biomedicines*, 9(6):602. <https://doi.org/10.3390/biomedicines9060602>
- Foglietta F, Serpe L, Canaparo R. (2021). The effective combination between 3D cancer models and stimuli-responsive nanoscale drug delivery systems. *Cells*, 10(12):3295. <https://doi.org/10.3390/cells10123295>
- Gunti, S., Hoke, A.T.K., Vu, K.P., London, N.R. Jr. (2021). Organoid and spheroid tumor models: Techniques and applications. *Cancers*, 19;13(4):874. doi: 10.3390/cancers13040874
- Halldorsson, S., Lucumi, E., Gómez-Sjöberg, R., Fleming, R.M.T. (2015). Advantages and challenges of microfluidic cell culture in polydimethylsiloxane devices. *Biosensors and Bioelectronics*, 63:218-231. doi: 10.1016/j.bios.2014.07.029
- Haque, M.R., Wessel, C.R., Leary, D.D., Wang, C., Bhushan, A., Bishehsari, F. (2022). Patient-derived pancreatic cancer-on-a-chip recapitulates the tumor microenvironment. *Microsystems & Nanoengineering*, 8(1):36. doi:10.1038/s41378-022-00370-6
- Hirt, C., Papadimitropoulos, A., Muraro, M.G., Mele, V., Panopoulos, E., Cremonesi, E., Ivanek, R., Schultz-Thater, E., Droesser, R.A., Mengus, C., Heberer, M., Oertli, D., Iezzi, G., Zajac, P., Eppenberger-Castori, S., Tornillo, L., Terracciano, L., Martin, I., Spagnoli, G.C. (2015). Bioreactor-engineered cancer tissue-like structures mimic phenotypes, gene expression profiles and drug resistance patterns observed "in vivo". *Biomaterials*, 62:138-46. doi: 10.1016/j.biomaterials.2015.05.037

- Kapalczyńska, M., Kolenda, T., Przybyła, W., Zajączkowska, M., Teresiak, A., Filas, V., Ibbs, M., Bliźniak, R., Łuczewski, Ł., Lamperska, K. (2018). 2D and 3D cell cultures - a comparison of different types of cancer cell cultures. *Archives of Medical Science*, 14(4):910-919. doi: 10.5114/aoms.2016.63743
- Kelm, J.M., Fussenegger, M. (2010). Scaffold-free cell delivery for use in regenerative medicine. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 15;62(7-8):753-64. doi: 10.1016/j.addr.2010.02.003
- Langhans, S.A. (2018). Three-dimensional in vitro cell culture models in drug discovery and drug repositioning. *Frontiers in Pharmacology*, 23;9:6. doi: 10.3389/fphar.2018.00006
- Lavekar, S.S., Harkin, J., Hernandez, M., Gomes, C., Patil, S., Huang, K.C., Puntambekar, S.S., Lamb, B.T., Meyer, J.S. (2023). Development of a three-dimensional organoid model to explore early retinal phenotypes associated with Alzheimer's disease. *Scientific Reports*, 24;13(1):13827. doi: 10.1038/s41598-023-40382-4
- Lee, S.Y., Koo, I.S., Hwang, H.J., Lee, D.W. (2023). In vitro three-dimensional (3D) cell culture tools for spheroid and organoid models. *SLAS Discovery*, 28(4):119-137. doi: 10.1016/j.slasd.2023.03.006
- Liu, C., Oikonomopoulos, A., Sayed, N., Wu, J.C. (2018). Modeling human diseases with induced pluripotent stem cells: from 2D to 3D and beyond. *Development*, ;140(4):705-717. doi: 10.1242/dev.15616
- Louit, A., Galbraith, T., Berthod, F. (2023). In vitro 3D modeling of neurodegenerative diseases. *Bioengineering*, 10(1):93. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10010093>
- Mohs, R.C., Greig, N.H. (2017). Drug discovery and development: Role of basic biological research. *Alzheimer's & Dementia: Translational Research & Clinical Interventions*, 11;3(4):651-657. doi: 10.1016/j.trci.2017.10.005
- Niculescu, A.G., Chircov, C., Bîrcă, A.C., Grumezescu, A.M. (2021). Fabrication and applications of microfluidic devices: A Review. *International Journal of Molecular Science*, 18;22(4):2011. doi: 10.3390/ijms22042011
- Pandey, V., Barve, K., Londhe, V. (2023). Synthesis and characterization of nanoherbal formulations for topical wound healing applications. In: Thomas S, Oyediji AO, PJ RJ (editors). *Cambridge, Nanotechnology in Herbal Medicine*, Elsevier. pp. 255-278. ISBN: 978-0-323-99527-6 (Online).
- Reddy, M.S.B., Ponnamma, D., Choudhary, R., Sadasivuni, K.K. (2021). A comparative review of natural and synthetic biopolymer composite scaffolds. *Polymers*, 13(7):1105. doi:10.3390/polym13071105
- Shegokar, R. (2020). Preclinical testing—Understanding the basics first. In: Shegokar R (editor). *Cambridge, Drug Delivery Aspects*, Elsevier. pp. 19-32. ISBN: 978-0-12-821222-6 (Online).
- Shen, J., Swift, B., Mamelok, R., Pine, S., Sinclair, J., Attar, M. (2019). Design and conduct considerations for first-in-human trials. *Clinical and Translational Science*, 12(1):6-19. doi:10.1111/cts.12582

Shyam, R., Reddy, L.V.K., Palaniappan, A. (2023). Fabrication and characterization techniques of in vitro 3D tissue models. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(3):1912. doi:10.3390/ijms24031912

Singh, N., Vayer, P., Tanwar, S., Poyet, J.L., Tsaioun, K., Villoutreix, B.O., (2023). Drug discovery and development: introduction to the general public and patient groups. *Frontiers in Drug Discovery*, 3. doi:10.3389/fddsv.2023.1201419

Tomar, A., Uysal-Onganer, P., Basnett, P., Pati, U., Roy, I. (2022). 3D Disease modelling of hard and soft cancer using PHA-based scaffolds. *Cancers*, 14(14), 3549. doi:10.3390/cancers14143549

Unnikrishnan, K., Thomas, L.V., Ram Kumar, R.M. (2021). Advancement of scaffold-based 3D cellular models in cancer tissue engineering: An update. *Frontiers in Oncology*, 11:733652. doi:10.3389/fonc.2021.733652

Yazdanpanah, Z., Johnston, J.D., Cooper, D.M.L., Chen, X. (2022). 3D bioprinted scaffolds for bone tissue engineering: State-of-the-art and emerging technologies. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnolog*, 10. doi:10.3389/fbioe.2022.824156

Zulkifli, M.Z.A., Nordin, D., Shaari, N., Kamarudin, S.K. (2023). Overview of electrospinning for tissue engineering applications. *Polymers*, 15(11):2418. doi:10.3390/polym15112418

Deniz Savunma Sanayi için Geliştirilen Kelebek Vanaların Mekanik Şok Testi Simülasyon Analizi ve Gerçek Test ve Üretim Verilerinin Değerlendirilmesi

Emre Aydeniz, Erhan Özkan

Dikkan Ar-Ge Merkezi Izmir, Turkey

emre.aydeniz@dikkan.com, _erhan.ozkan@dikkan.com

Giriş

Savunma sanayi, askeri teknolojilerin geliştirilmesi ve üretilmesinden sorumludur (Sapir, 2019). Savunma sanayi, araştırma ve geliştirme, mühendislik, askeri teçhizat ve tesislerin üretimi ve servisi ile ilgilenen ticari bir endüstriden oluşmaktadır (Hsieh ve ark., 2020). Savunma sanayi çalışanlarının yüzde 92'si mühendistir. Bu mühendislerin yüzde 30'u elektrik-elektronik, yüzde 24'ü makine-malzeme, yüzde 15'i ise bilgisayar mühendisliğinden gelmektedir (Gonzales ve ark., 2020). Bu veriler savunma sanayinde bilgisayar destekli tasarım ve simülasyonların önemini bir kez daha gündeme getirmiştir. Testlerin hem yüksek maliyetli hem de yüksek riskli olması ve uluslararası güvenlik önlemleri nedeniyle bu tasarımların bilgisayar ortamında yapılması ve testlerin sanal ortamda simüle edilmesi kaçınılmaz hale gelmiştir (Eichler, 2019).

Mekanik şok, malzemeye uygulanan, malzemenin ani ivmelenmesine neden olan kısa süreli, yüksek genlikli kuvvet etkisi olarak tanımlanabilir. Darbe, düşme, patlama, top ateşi ve deprem gibi periyodik olmayan uyarılar malzeme üzerinde ani hız ve ivme değişimlerine neden olabilmektedir. Bu etkilerden dolayı mekanik şok, malzemelerin fiziksel bütünlüğünü bozabileceği gibi işlevselliğini de olumsuz yönde etkileyebilir. Malzemeler üzerindeki olası fiziksel ve işlevsel etkinin büyüklüğü, şokun genliğinin yanı sıra şokun süresine bağlı olarak da değişebilmektedir. Bu bağlamda şok profilinin doğru analiz edilmesi gerekmektedir (Patel ve ark., 2019).

Deterministik sinyallerin kullanılması ile sistem analizleri daha kısa sürede ve daha kolay yapılabilen, ayrıca sinyallerin birbirleri ile karşılaştırılması da daha kolay olmaktadır. Farklı tipteki sinyallerin doğru bir şekilde karşılaştırılabilmesi için eldeki verilerin eşit bir şekilde işlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla SRS (Shock Response Spectra), ESD (Energy Spectral Density), FS (Fourier Spectra), TDM (Time Domain Moments) ve EM (Energy Methods) gibi yöntemler kullanılabilir (Hou ve ark., 2020).

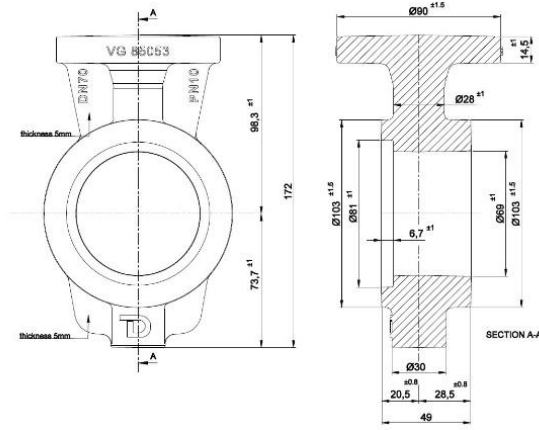
Savunma sanayi ürünlerinin çevresel koşullara dayanımı MIL STD 810 standardında tanımlanmış ve ürünlerin en zor çevresel koşullara karşı tepkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. (Lele ve ark., 2019).

Bu çalışmada, deniz savunma sanayi uygulamaları için geliştirilen kelebek vanaların bilgisayar destekli tasarımları, sonlu elemanlar yöntemleri ile desteklenen mekanik simülasyonları, sanal ve gerçek testleri detayları ile sunulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre farklı tasarım ve uygulama parametre değerlerine sahip numunelerin servis ömrünün uzamasına ilişkin veriler

detaylı olarak aktarılmış, elde edilen sonuçlar yaygınlaştırılarak teknolojik çözüm yöntemleri önerilmiştir. Ayrıca test koşulları ve üretim parametreleri ile bunların tasarımların mekanik şok davranışı ile etkileşimleri ve değişimleri okuyuculara ek bilgi sağlamak amacıyla sunulmuştur.

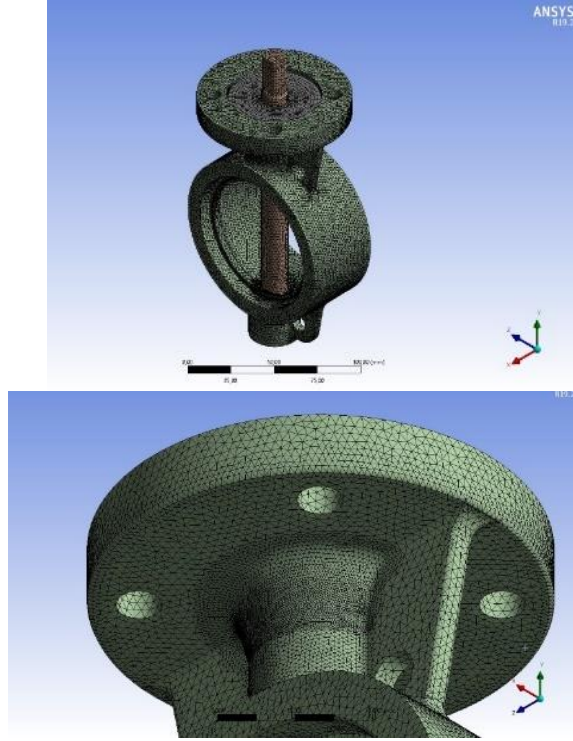
Materyal ve Metot

Dökülecek ve test edilecek numunenin tasarımları CAD (bilgisayar destekli tasarım) yardımıyla tamamlanmıştır. Bu aşama, tasarım simülasyonu için veri üretilmesine temel oluşturmaktadır. Test edilecek vanaların iki boyutlu resimleri Autocad’de çizilmiş ve Şekil 1’de gösterilmiştir.



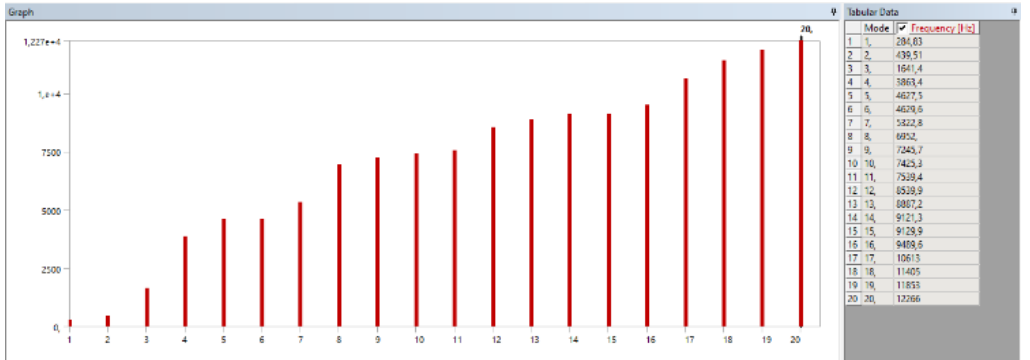
Şekil 1. DN 70 PN 10 VG Kelebek vana teknik çizimi.

ANSYS mekanik ve şok analizlerini gerçekleştirmek için mesh analizi yapılmıştır. Mesh'in amacı, karmaşık bir hacmi simüle edilecek küçük parçalara bölmektir. Tanım olarak mesh, hücre ve noktalardan oluşan bir ağıdır. Herhangi bir boyutta neredeyse her şekle sahip olabilir. Kısmi Diferansiyel Denklemleri çözmek için kullanılır. Numunenin mesh analizi Şekil 2’de verilmiştir. Eleman kalitesi ve en-boy oranı mesh kalitesini kontrol etmek için oldukça önemlidir. Bu çalışmada, eleman kalitesi ve en-boy oranı sırasıyla 0.38 ve 10 olarak elde edilmiştir.



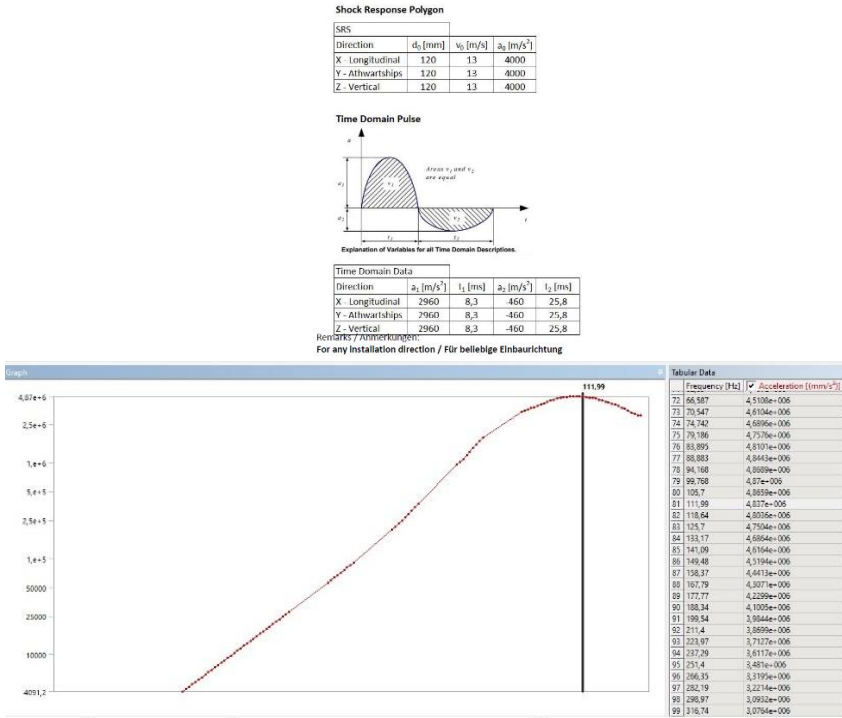
Şekil 2. Numunenin örgü analizi.

ANSYS şok testi simülasyonu için bir model belirlenmiş ve testlerin temeli oluşturulmuştur. Modelin belirlenmesinde test standartları parametreleri esas alınmıştır. Model detayları Şekil 3’te verilmiştir. DoF serbestlik derecesini temsil etmektedir ve 20 adet serbestlik derecesi tercih edilmiştir. Kütle katılım oranı en çok 1. Mod üzerinde görülmüştür. O moda karşılık gelen frekans değeri ise 284,83 Hz.



Şekil 3. Mod frekansları.

Şok Tepki Spektrumu (SRS) yöntemi ilk olarak askeri standartlarda kullanılmış, daha sonra bir sinyal işleme yöntemi olarak ISO 18431-4 ile standartlaştırılmıştır. Burada özetle zamana bağlı sinyal bilgisi frekansa bağlı ivme bilgisine dönüştürülmüştür. Ölçüm sonuçlarının matematiksel ifadesinde karşılaşılan zorluklar ve bu ölçüm değerlerinin laboratuvar ortamında doğru bir şekilde oluşturulamaması nedeniyle mekanik şoka karşılık gelen bazı şok sinyalleri tanımlanmıştır Analiz için seçilen ve gerçek testte de kullanılacak olan şok test dalgası yarım sinüs olarak seçilmiş ve Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Şok analizi için, yük-zaman ve yük-frekans grafikleri.

Şok testi sonucunda hasar gören numunenin görüntüsü Şekil 5'teki gibidir. ANSYS simülasyonunda tespit edilen hasar gerçek testle birebir örtüşmektedir. Bununla birlikte, numune yüzeylerinde korozyon kaynaklı herhangi bir kusur veya aşınma olmamıştır.



Şekil 5. Şok testi sonrası oluşan çatlak.

Bu durumun önüne geçmek için tasarım yeniden ele alınmış ve büzülme olan bölgelere besleyici takviyeleri yapılmıştır. Şekil 6, mekanik şok testine maruz kalacak numunelerin revize edilmiş tasarımını göstermektedir. Yeni tasarım için ANSYS şok simülasyonu aynı analiz parametreleri ile gerçekleştirilmiş ve herhangi bir algılama, kırmızı alan, aşırı gerilmiş bölge gözlenmemiştir. Güçlendirilmiş yeni tasarım numune, bir önceki testten kalan numune ile aynı koşullarda şok testine tabi tutulmuş ve aynı bölge de dahil olmak üzere herhangi bir hasar gözlenmemiş ve ANSYS simülasyonunda tespit edildiği üzere testi başarıyla geçmiştir.



Şekil 6. Güçlendirilmiş yeni tasarımın şok testi sonrası görüntüsü.

Bulgular ve Tartışma

Güçlendirilmiş yeni tasarım şok testinden herhangi bir alan tespit edilmeden geçmiştir. Bu iyileştirmelerin maliyetinin karşılaştırılması bu çalışmanın mühendislik kısmını oluşturmaktadır. Yapılan iyileştirmeler net ağırlık, brüt ağırlık ve döküm uygulama hızı açısından ele alınmıştır. Her iki numune de CuSn10 malzeme analizi ile yapılmış olup eski

tasarımın ağırlığı 2,21 kg, yeni tasarımın ağırlığı ise 2,64 kg'dır. Yeni tasarımın döküm sonrası brüt ağırlığa etkisi sadece 400 gram olarak belirlenmiştir.

Sonuçlar

- CuSn10 DN70 PN10 VG Kelebek Vanaların şok testi davranışları donanma savunma endüstrileri için araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir.
- Seçilen malzeme CuSn10 mekanik ve korozyon özellikleri açısından herhangi bir sorun göstermemiştir.
- Mekanik şok testine maruz kalan malzemenin direnci doğrudan tasarımla ilgilidir.
- Sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan analizlerin mekanik şok, gerilme ve deformasyon simülasyonlarında elde edilen sonuçlar gerçek sonuçlara eşdeğer sonuçlar göstermiştir.
- Numune üzerinde %18'lik bir güvenlik faktörü ile tasarım revize edilerek, ürünün 4000 m/s²'lik bir ivmede bile mekanik şok testini geçebilmesi sağlanmıştır. Böylece malzeme kullanımı güvenli hale gelmiştir.

Bu çalışmada savunma sanayi donanma gemileri ve denizaltılarında yaygın olarak kullanılan bronz kelebek vanaların bilgisayar destekli tasarım, simülasyon süreçleri, prototip imalat ve nihai ürün karakterizasyon süreçleri gerçekleştirilmiştir. Bilgisayar destekli tasarım süreçlerinin ardından simülasyon programı ile her iki tasarım için dolum süresi-sıcaklık, makro-mikro büzülme ve partikül takibi analizleri yapılmış ve akış hızları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçları desteklemek amacıyla ANSYS simülasyon ortamında sonlu elemanlar yöntemi ile sanal ortamda mekanik şok testleri gerçekleştirilmiş ve testlerin doğrulanması için gerçek ortamda testler gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaya göre özellikle simülasyon destekli tasarımlar, Ar-Ge prototip imalatı ve tasarım doğrulama ile kalitesizlikten kaynaklanan fire maliyetlerinin azaldığı tespit edilmiş, yolluk tasarımı ile üretilen parçaların metalurjik özelliklerinin doğrudan etkilendiği gözlemlenmiştir. Bir diğer önemli sonuç ise simülasyon ortamında bilgisayar destekli tasarım ile elde edilen sonuçların prototip ile birebir örtüşmesi üretim sonuçları. Sonuç olarak, tasarım aşamasında elde edilen simülasyon ve bilgisayar destekli tasarım faaliyetleri mühendislik uygulamalarında kritik bir öneme sahiptir.

Kaynakça

Eichler, Rose Richerson. (2019). Cybersecurity, encryption, and defense industry compliance with united states export regulations. *Tex. A&M J. Prop. L.* 5: 5.

Gonzales, D. (2020). Unclassified and secure: a defense industrial base cyber protection program for unclassified defense networks. *RAND ARROYO CENTER SANTA MONICA CA SANTA MONICA United States*

Hou, R. (2020). Anode potential-dependent protection of electroactive biofilms against metal ion shock via regulating extracellular polymeric substances." *Water Research* 178, 115845.

Hsieh, H. P. (2020). Assessing and ranking the innovation ability and business performance of global companies in the aerospace and defense industry. *Managerial and Decision Economics* 41.6, 952-963.

Lele, A. (2019). Industry 4.0." *Disruptive Technologies for the Militaries and Security*, 205-215.

Patel, J.M. (2019). A systematic review and guide to mechanical testing for articular cartilage tissue engineering. *Tissue Engineering Part C: Methods* 25.10, 593-608.

Sapir, J. (2019). *Conversion of Russian Defense Industries: A Macroeconomic and Regional Perspective. Privatization, Conversion, and Enterprise Reform in Russia.* Routledge. 137-165.

Yavru Zeytin, Yeşil Zeytin ve Zeytin Yaprağı Etanol Özütlerinin İçerik Analizleri ve *in vitro* Antikanser Aktivitelerinin İncelenmesi

Buse Aktaş¹, Aleyna Öğreten², Erdal Eroğlu^{1,2}, İlker Polatoğlu^{1,2}

¹BIOSSENS-ID A.Ş., Yunusemre-Manisa, Türkiye

²Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik,
Yunusemre-Manisa, Türkiye

buseaktas2000@gmail.com, aleynaogreten98@gmail.com,
erdal.eroglu@cbu.edu.tr, ilker.polatoglu@cbu.edu.tr

Giriş

Kanser, vücut hücrelerinin kontrolsüz ve anormal bir şekilde büyümesi sonucunda oluşan bir grup hastalık olarak bilinmektedir. Bu durum, genetik mutasyonlar, çevresel faktörler veya bağışıklık sisteminin zayıflığı gibi çeşitli nedenlerle ortaya çıkabilmektedir (Baykara, 2016). Kanser, bir veya daha fazla organda başlayabilmekte ve vücudun diğer bölgelerine yayılabilmektedir.

Kanser türleri arasında meme kanseri, akciğer kanseri, prostat kanseri ve kolon kanseri gibi birçok çeşit bulunmaktadır (Eren, 2017). Kanser genellikle biyopsi, görüntüleme testleri ve kan testleri gibi yöntemlere dayanarak teşhis edilmektedir. Tedavi seçenekleri arasında cerrahi müdahale, radyoterapi, kemoterapi, hedefe yönelik ilaçlar ve immunoterapi gibi çeşitli yöntemler mevcuttur (Baykara, 2016). Ancak bu tedavilerin birçoğunun ciddi yan etkileri vardır ve kesin bir çözüm sunamamaktadır. Tüm bu sebeplerden ve kanserin yaygınlaşmasından dolayı kanser çalışmaları hız kazanmıştır. Özellikle doğal ajanlar kolay ulaşılabilir olmaları, zengin içeriklere sahip olmaları ve belli ölçüde kullanıldıklarında sağlığa zarar vermediklerinden dolayı sıklıkla çalışılmaktadır.

Zeytin ve türevlerinin de bu doğal ajanlardan birisi olduğu bilinmektedir. Oldukça besleyici bir meyve olan zeytin, özellikle Akdeniz bölgesinin önemli bir bileşenidir (Boskou, 2006). Zeytin ve zeytinyağından elde edilen ürünler, bir dizi sağlık yararı sunan besin maddeleri içermektedir (Omar, 2010). Özellikle içerisinde bulunan oleuropein ve diğer bileşenler sayesinde zeytin, birçok alanda kullanıma sahip bir meyvedir (Owen vd., 2000). Kemik ve kalp sağlığı, iltihapların giderilmesi, kan şekerinin ve sindirim sisteminin düzenlemesi zeytinin kullanım alanları arasında gösterilmektedir (Estruch vd., 2018). Yapılan çalışmaların sonuç vermesi ve zeytin içeriğinin zengin olduğunun anlaşılması zeytin ve zeytin türevi ürünlerin antikanser özelliklerinin araştırılmasına zemin hazırlamıştır.

Literatürde özellikle zeytin yaprağından yapılmış oldukça fazla çalışma bulunmaktadır (Boss vd., 2016). 2020 yılında Salama ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada zeytin yaprağından aseton ekstraktı elde edilmiş ve karaciğer ve meme kanser dizileri üzerinde sitotoksik etkinliği gösterilmiştir (Salama vd., 2020). Yapılan başka bir çalışmada ise rahim ağzı kanser dizisi ile

çalışılmış ve zeytin yaprağının bu kanser türü üzerinde de etkili olduğu saptanmıştır (Wang vd., 2018).

Bu çalışmada ise farklı hasat zamanlarında toplanan yavru ve yeşil zeytin olmak üzere iki çeşit zeytin ve zeytin yaprağından elde edilen etanol özütlerinin karşılaştırılmalı olarak içerik analizlerinin yapılması ve antikanser özelliklerinin saptanması amaçlanmıştır. Öncelikle kanser hücreleri büyütülmüş ve bitki ekstraktları elde edilmiştir. İçerik analizlerinde toplam fenolik bileşik içeriğini belirlemek için Folin-Ciocalteu yöntemi, toplam flavonoid içeriği belirlemek için alüminyum klorür kalorimetrik analizi, antioksidan kapasiteyi belirlemek için CUPRAC yöntemi kullanılmıştır. MTT canlılık testi ile insan mesane kanseri hücrelerinde (T-24) antikanser aktivite belirlenmiş ve IC₅₀ değerleri hesaplanmıştır.

Materyal ve Metot

Materyaller

Dulbecco’s Modified Eagle’s (DMEM) besiyeri, tripsin ve tripan mavi boyası gibco firmasından, antibiyotik / antimikotik biological industries firmasından, fetal sığır serumu (FBS), MTT boyası (thiazolyl blue tetrazolium bromide), amonyum asetat, bakır (II) klorür, neokuprin(2,9-dimethyl-1,10-phenanthroline), sodyum karbonat, etanol, Folin-Ciocalteu solüsyonu, esansiyel olmayan aminoasit, dimetil sülfoksit (DMSO) sigma firmasından satın alınmıştır.

Ekstraktların elde edilmesi

Daha önce liyofilize edilmiş zeytin örnekleri, dönen bir çalkalayıcıda %70 etanol sulu çözeltisi kullanılarak 24 saat boyunca oda sıcaklığında inkübe edilmiştir. Elde edilen ekstrakt santrifüjlendikten sonra süpernatantın solventi rotary evaporatörde (Heidolph) ile 40 °C, 80 rpm’de tutularak etanol uzaklaştırılmıştır. Solventi uzaklaştırılan ekstrakt dondurarak kurutma sistemi kullanılarak liyofilize edilmiş ve kullanılmaya kadar 4°C’de muhafaza edilmiştir.

Hücre kültürü çalışmaları

Bu çalışmada insan mesane (T-24) kanseri hücreleri kullanılmıştır. Mesane kanser hücresi %10 sığır serumu (h/h) ve %1 antibiyotik/antimikotik solüsyonu (h/h) içeren DMEM (DMEM-10) ortamında kültüre edilmiştir. Daha sonra hücreler ve %5 CO₂ içeren bir inkübatörde 37 °C’de tutularak büyütülmüştür. Hücre sayısı, ışık mikroskobu altında tripan mavisini boyası varlığında bir hemasitometre lamı ile sayılarak belirlenmiştir. İn vitro hücre kültürü çalışmalarında hücre canlılığı %90 ve üzerindeki kültürler kullanılmıştır.

Total fenolik içeriğin belirlenmesi

Etanol özütlerinin toplam fenolik içeriği Folin-Ciocalteu yöntemi ile belirlenmiştir. 20 µL özüt ve 100 µL Folin-Ciocalteu solüsyonu, 96 gözlü plakanın bir bölmesinde karıştırılmıştır ve karışım, oda sıcaklığında 2,5 dakika süreyle inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından karışıma 80 µL sodyum karbonat (Na₂CO₃) (%7) ilave edilmiş ve oda sıcaklığında, karanlıkta 1 saat daha inkübasyona devam edilmiştir. Daha sonra kuyucukların absorbans değerleri bir mikropilaka okuyucu ile 775 nm’de ölçülmüştür. Standart olarak gallik asit kullanılmıştır. Sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g özüt olarak belirlenmiştir.

Toplam flavonoid içeriğinin belirlenmesi

Etanol özütlерinin toplam flavonoid içeriğii alüminyum klorür kalorimetrik analizi ile belirlenmiştir. 96 gözlü bir plakanın bir bölmesinde, öncelikle 25 µl etanol özütü, 100 µl deiyonize su ve %5 NaNO₂ (7 µl) karıştırılmış ve oda sıcaklığında 5 dakika inkübe edilmiştir. Sonra %10 AlCl₃ (7 µl) karışıma eklenmiş ve tekrar 5 dakika inkübe edilmiştir. Daha sonra 1 M NaOH (50 µl) ve deiyonize su (60 µl) karışıma eklenmiştir. Son olarak kuyucukların absorbans değerleri mikropilaka okuyucu ile 490 nm’de ölçülmüştür. Sonuçlar mg kateşin eşdeğeri (CE)/g özüt olarak belirlenmiştir.

Antioksidan kapasitenin belirlenmesi

Etanol özütlерinin antioksidan kapasiteleri CUPRAC testi ile belirlenmiştir. Bu test için öncelikle su içerisinde bakır (II) klorür (CuCl₂) (1,0 × 10⁻² M) ve amonyum asetat (NH₄Ac) (1 M) çözeltileri hazırlanmıştır. Daha sonra etanol içerisinde neokuprin (7,5 × 10⁻³ M) çözeltisi hazırlanarak çözelti hazırlama aşaması tamamlanmıştır. Test tüpleri içerisine 1 ml CuCl₂, 1 ml neokuprin ve 1 mL NH₄Ac sırasıyla eklenmiştir. Etanol özütleri bu çözeltilerin üzerine ilave edilmiş ve test tüpündeki toplam hacim 4,1 mL olacak şekilde deiyonize su eklenmiştir. Tüpler hafifçe çalkalanarak 30 dakika oda sıcaklığında karanlık bir ortamda inkübe edilmiştir. Antioksidan kapasitesini ölçebilmek için iki adet kontrol grubu da aynı şekilde hazırlanmıştır. Kontrol grupları aynı hacimde su veya etanol içerecek şekilde hazırlanmıştır. Daha sonra UV-görünür spektrofotometre kullanılarak 450 nm’de köre karşı absorbans ölçülmüştür. Özütlerin toplam antioksidan kapasiteleri standart eğri kullanılarak mM Trolox eşdeğeri cinsinden hesaplanmıştır.

Antikanser aktivite

Antikanser aktiviteyi belirlemek için MTT canlılık testi uygulanmıştır. Bu test için DMEM-10 besiyerinde büyütülen ve tripsinizasyon ile toplanan hücrelerden (T-24) 1x10⁴ hücre/kuyu içerecek şekilde 96 gözlü plakanın her bir gözüne eklenip 37°C %5 CO₂’de gece boyu inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra, her bir gözdeki ortam, 100 µL seri dilüsyon ile farklı konsantrasyonlarda (12,5-400 µg/mL aralığında) hazırlanan özüt konsantrasyonu ile değiştirilmiştir. Farklı inkübasyon sürelerinin (24 ve 48 saat) hücre canlılığı üzerindeki etkisini test etmek için, her biri aynı özütleri içeren iki plaka hazırlanmıştır. İnkübasyon sonunda, her bir göze 10 µL MTT boya çözeltisi (5 mg/ml PBS) eklenmiş ve 2 saat daha inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra ortam uzaklaştırılmış ve gözlerde oluşan formazan kristalleri 100 µL DMSO içerisinde çözdürülmüştür. Büyüme kontrol grubu olarak sadece besiyeri kullanılmıştır. Diğer kontrol grubunda iseçözgen olan etanol en yüksek konsantrasyonda gözlerle eklenmiştir. Son olarak, mikropilakanın absorbans değeri, 570 nm ve 690 nm’de (arka plan) bir mikropilaka okuyucu yardımıyla ölçülmüştür. Hücre canlılığı (%) denklem (1) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ hücre canlılığı} = (O.D. \text{uygulama}) / (O.D. \text{kontrol}) \times 100$$

(1)

Elde edilen hücre canlılığı grafiklerinden lineer regresyon analizi ile IC₅₀ değerleri belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

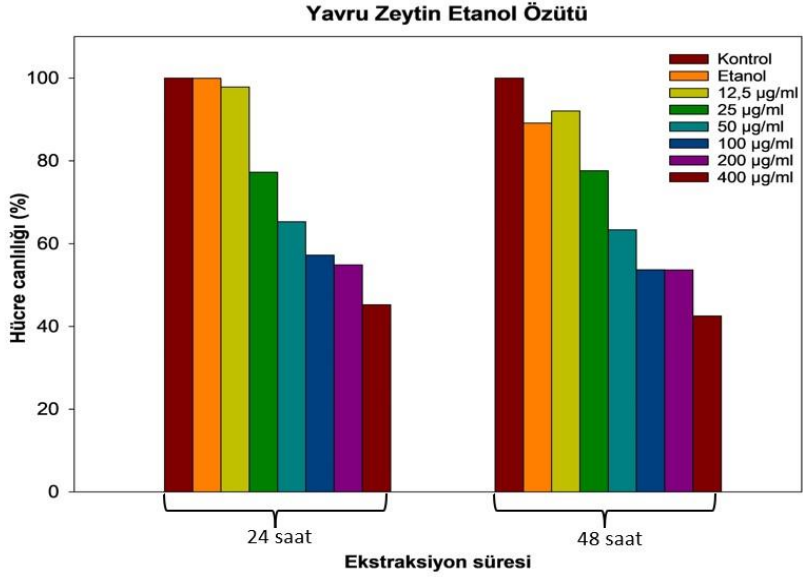
Yavru zeytin, yeşil zeytin ve zeytin yaprağı etanol özütlerinin içerik analizleri yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucu elde edilen sonuçlar Tablo 1’de gösterilmiştir (Tablo 1). Fenolik bileşik içeriği Folin-Ciocalteu yöntemi ile belirlenmiş ve fenolik bileşik içeriği sırasıyla 145,92^{±0,04}, 53,86^{±0,004} ve 350,43^{±0,012} mg gallik asit eşdeğeri / g özüt olarak belirlenmiştir. Toplam flavonoid içerik ise alüminyum klorür kalorimetrik yöntemi ile belirlenmiş ve sırasıyla 204,71^{±0,0425}, 92,54^{±0,046} ve 541,18^{±0,0105} mg kateşin eşdeğeri / g özüt olarak bulunmuştur. CUPRAC yöntemi ile belirlenen antioksidan kapasiteler ise 0,99^{±0,0125}, 0,35^{±0,053} ve 1,64^{±0,1445} mM trolox eşdeğeri olarak bulunmuştur. En az üç tekrar olarak gerçekleştirilen deneylerde örnekler arasında kayda değer farklılıklar gözlenmiştir. En zengin fenolik bileşik ve flavonoid içerik zeytin yaprağı özütünde görülürken en düşük içerik ise yeşil zeytin etanol özütünde tespit edilmiştir. Antioksidan kapasite analizinde de benzer sonuçlar elde edilmiş ve en yüksek antioksidan kapasite zeytin yaprağı özütünde görülmüştür. Literatürdeki çalışmalarda da zeytin yaprağı özütünün yüksek fenol içeriğe sahip olduğu ve antioksidan özellik gösterdiği bilinmektedir (Bayram vd., 2020). Bu çalışmada elde edilen veriler literatürde bulunan çalışmaları desteklemektedir.

MTT canlılık testi kullanılarak özütlerin antikanser özellikleri IC₅₀ cinsinden hesaplanmıştır. Yavru zeytin, yeşil zeytin ve zeytin yaprağı özütleri için IC₅₀ değerleri sırasıyla 270, 52; 324,46 ve 273,13 µg/mL olarak bulunmuştur. T-24 insan mesane kanser hücre hattında yapılan çalışmalarda örneklerin tamamının antikanser özellik gösterdiği saptanmıştır. Bu örnekler arasında bir önceki sonuçlardan farklı olarak en yüksek antikanser özelliğe sahip örnek yavru zeytin özütü olarak belirlenmiştir. İçerik analizleri bakımından en zengin olan zeytin yaprağı ve yavru zeytin örnekleri yüksek antikanser aktivite göstermiş ve sonuçlar birbirine çok yakın çıkmıştır. Literatürdeki çalışmalarla paralel bir şekilde yeşil zeytin özütünün antikanser aktivitesi bunlara nispeten daha düşük olarak tespit edilmiştir. Örneklere ait hücre canlılığı değerleri şekillerde (Şekil 1,2,3) gösterilmiştir.

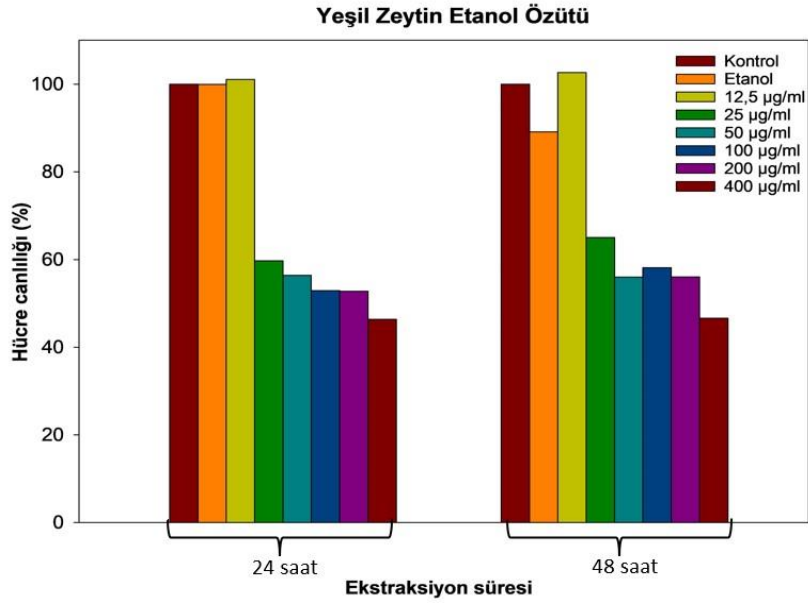
Yavru zeytin, yeşil zeytin ve zeytin yaprağı etanol özütlerinin toplam fenolik bileşik içerikleri, flavonoid içerikleri, antioksidan kapasiteleri ve T-24 hücreleri üzerinde belirlenen IC₅₀ değerleri Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1. Etanol özütlerinin toplam fenolik bileşik içerikleri, flavonoid içerikleri, antioksidan kapasiteleri ve T-24 hücreleri üzerinde belirlenen IC₅₀ değerleri

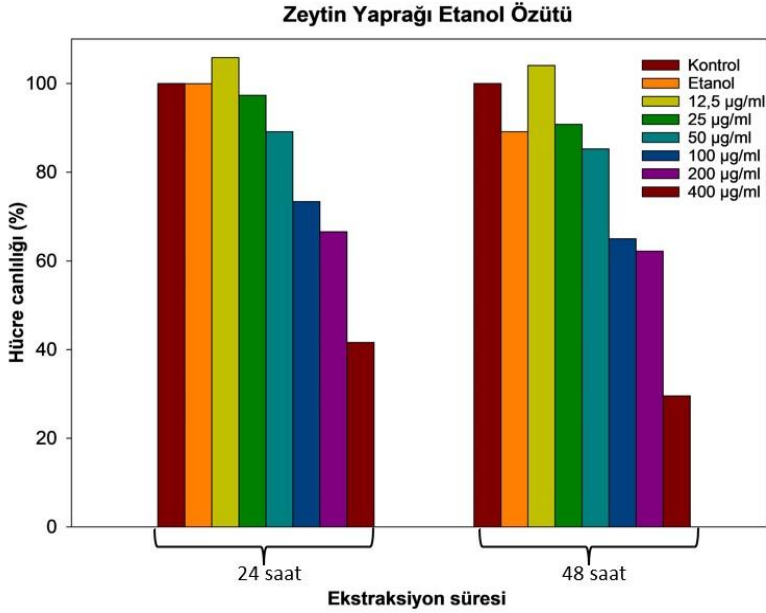
Örnek tipi	Fenolik bileşik içeriği (mg gallik asit eşdeğeri/g özüt)	Flavonoid içeriği (mg kateşin eşdeğeri/g özüt)	Antioksidan kapasitesi (mM trolox eşdeğeri)	T-24 hücreleri IC ₅₀ (µg/mL)
Yavru zeytin	145,92 ^{±0,04}	204,71 ^{±0,0425}	0,99 ^{±0,0125}	270,52
Yeşil zeytin	53,86 ^{±0,004}	92,54 ^{±0,046}	0,35 ^{±0,053}	324,46
Zeytin yaprağı	350,43 ^{±0,012}	541,18 ^{±0,0105}	1,64 ^{±0,1445}	273,13



Şekil 1. Yavru zeytin etanol özütünün hücre canlılığına etkisi



Şekil 2. Yeşil zeytin etanol özütünün hücre canlılığına etkisi



Şekil 3. Zeytin yaprağı etanol özütünün hücre canlılığına etkisi

Tüm örneklerin 48.saat sonunda daha yüksek etki gösterdiği görülmüştür. Zeytin yaprağı özütünde ise inkübasyon süresi arttırıldığında hücre canlılığının 400 µg/mL konsantrasyonda %20 civarlarına kadar düştüğü görülmüştür. Ek olarak, kontrol olarak test edilen etanolün kayda değer bir antikanser aktivite göstermediği anlaşılmıştır.

Literatürde farklı kanser hücreleri ile yapılan *in vitro* çalışmalarda zeytin yaprağının antikanser aktivitesi belirlenmiştir. Örneğin, yapılan bir çalışmada zeytin yaprağı ekstraktının meme kanserine ait farklı hücre tiplerinde antikanser özellik gösterdiği bildirilmiştir (Korkmaz, 2012). Bir diğer çalışmada ise, aljinat ile immobilize edilmiş mikro kapsül zeytin yaprağının antikanser özelliği bulunmuştur (Bal vd., 2023). Yukarıda özetlenmiş olan ve literatürde bulunan zeytin yaprağı özütleri ile gerçekleştirilen çalışmaların sonucu elde edilen IC₅₀ değerleri Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 2. Zeytin yaprağından yapılan çalışmalar sonucu elde edilen IC₅₀ değerleri

Bitki Türü	Ekstraksiyon	Hücre hattı	IC ₅₀ değeri (µg/ml)	Referans
Zeytin yaprağı	Aseton	MCF-7	54,6	Salama vd., 2020
Zeytin yaprağı	Su ve metanol	HELA ve HEPG-2	5,2 ve 4,6	Nashwa vd., 2014
Zeytin yaprağı	Su ve metanol	MCF- 7	213,05	Essafi vd., 2019
Zeytin yaprağı	Metanol	MCF-7	135	Isleem vd., 2020

Zeytin yaprağı	Su	T-24	178	Goulas vd., 2009
Zeytin yaprağı	Su ve metanol	PC-3	236,6	Albogami ve Hassan, 2021

Tablo 2’ de gösterildiği gibi literatürde zeytin yaprağının antikanser aktivitesini belirlemek için farklı ekstraksiyon yöntemleri denenmiş ve farklı hücre hatları ile çalışılmıştır. Özellikle meme kanseri sıklıkla çalışılan bir kanser türüdür. Yapılan çalışmalara bakıldığında zeytin yaprağının yüksek antikanser özelliğe sahip olduğu anlaşılmaktadır. Çalışmamızda, T-24 hücre hattıyla çalışılmış ve etanol özütlerinin IC₅₀ değerleri literatürdeki çalışmalara benzer olarak bulunmuştur.

Kaynakça

- Albogami, S. Hassan, M.A. (2021). Assessment of the Efficacy of Olive Leaf (*Olea europaea* L.) Extracts in the Treatment of Colorectal Cancer and Prostate Cancer Using In Vitro Cell Models. *Journal of Molecules*, 26 (13), 4069-4090. doi: 10.3390/molecules26134069
- Bal, Y., Sürmeli, Y., Şanlı-Mohamed, G. (2023). Antiproliferative and Apoptotic Effects of Olive Leaf Extract Microcapsules on MCF-7 and A549 Cancer Cells. *ACS omega*, 8(32), 28984–28993. doi:10.1021/acsomega.3c01493
- Baykara, O. (2016). Kanser Tedavisinde Güncel Yaklaşımlar. *Balıkesir Sağlık Bilimleri Dergisi*, 5(3): 154-165. doi:10.5505/bsbd.2016.93823.
- Bayram, M., Topuz, S., Kaya, C. (2020). Antioxidant, Antimicrobial Activity of Olive Leaf Extract and Oleuropein, Their Possibilities Usage in Foods. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(2), 337–347. doi:10.24925/turjaf.v8i2.337-347.3039
- Boskou, D. (2006). *Olive oil: Chemistry and technology*. AOCS Press.
- Boss, A., Bishop, K.S., Marlow, G., Barnett, M.P., Ferguson, L.R. (2016). Evidence to Support the Anti-Cancer Effect of Olive Leaf Extract and Future Directions. *Nutrients*, 8(8), 513. doi:10.3390/nu8080513
- Eren, O.Ö. (2017). Kanser Taramaları ve Kanserden Korunma. *Klinik Tıp Aile Hekimliği Dergisi*, 9(2): 7-14. doi: 10.1056/NEJMp1112191
- Essafi, H., Trabelsia, B., Benincasac, C., Tamaallia, A., Perric, E., Zarrouk, M. (2019). Phytochemical Profile, Antioxidant And Antiproliferative Activities Of Olive Leaf Extracts From Autochthonous Tunisian Cultivars. *Acta Alimentaria*, 48 (3), 384–390. doi: 10.1556/066.2019.48.3.14
- Estruch, R., Ros, E., Salas-Salvadó, J., Covas, M.I., Corella, D., Arós, F., Gómez-Gracia, E., Ruiz-Gutiérrez, V., Fiol, M., Lapetra, J., Lamuela-Raventos, R.M., Serra-Majem, L., Pintó, X., Basora, J., Muñoz, M.A., Sorlí, J.V., Martínez, J.A., Fitó, M., Gea, A., Hernán, MA. (2018). Primary Prevention of Cardiovascular Disease with a Mediterranean Diet Supplemented with Extra-Virgin Olive Oil or Nuts. *The New England journal of medicine*, 378(25), e34. doi:10.1056/NEJMoa1800389

Goulas, V., Exarchou, V., Troganis, A.N., Psomiadou, E., Fotsis, T., Briasoulis, E., Gerotheranassis, P. (2009). Phytochemicals in olive-leaf extracts and their antiproliferative activity against cancer and endothelial cells. *Mol. Nutr. Food Res*, 53, 600 – 608. doi: 10.1002/mnfr.200800204

Isleem, M.R., Alzaharna, M.M., Sharif, A.F. (2020). Synergistic anticancer effect of combining metformin with olive (*Olea europaea* L.) leaf crude extract on the human breast cancer cell line MCF-7. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 8(2): 30-37.

Korkmaz, Ş. (2012). MDA-MB-231 ve MCF-7 İnsan Meme Kanseri Hücre Soylarında Zeytin Yaprağı Ekstresinin Anti-kanser İlaçlarla Kombinasyonunun Araştırılması. Uzmanlık Tezi. Uludağ Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye.

Nashwa, F.S., Morsy, M., Abdel-Aziz, E. (2014). Efficiency of olive (*Olea europaea* L.) leaf extract as antioxidant and anticancer agents. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 20(1), 46-53.

Omar, S.H. (2010). Oleuropein in olive and its pharmacological effects. *Sci Pharm*. 2010 Apr-Jun;78(2):133-54.

Owen, R.W., Mier, W., Giacosa, A., Hull, W.E., Spiegelhalder, B., Bartsch, H. (2000). Phenolic compounds and squalene in olive oils: the concentration and antioxidant potential of total phenols, simple phenols, secoiridoids, lignans and squalene. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 38(8), 647–659. doi:10.1016/s0278-6915(00)00061-2

Salama, Z.A., Aboul-Enein, A.M., Gaafar, A.A., Asker, M.S., Aly, H.F., Ahmed, H.A. (2020). In-vitro Antioxidant, Antimicrobial and Anticancer Activities of Banana leaves (*Musa acuminata*) and Olive leaves (*Olea europaea* L.) as by-products. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 13:(2). doi:10.5958/0974-360X.2020.00132.8

Wang, B., Qu, J., Luo, S., Feng, S., Li, T., Yuan, M., Huang, Y., Liao, J., Yang, R., Ding, C. (2018). Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of Flavonoids from Olive (*Olea europaea*) Leaves, and Evaluation of Their Antioxidant and Anticancer Activities. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 23(10), 2513.

Fren Sistemi Hava Tanklarında Kaynak Hatalarının Etkisi ve Giderilmesi

Muhammet Şükrü Erdem¹, Eşref Müsenna Matur¹, Mustafa Acarer²

¹Vali İhsan Dede Caddesi No:9 Büyükkayacık Osb/Selçuklu/Konya

²Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
Selçuklu/Konya

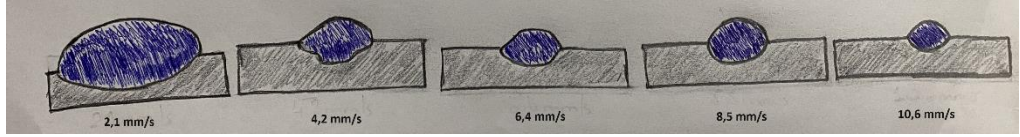
Giriş

Ağır vasıta araçların fren, debriyaj, süspansiyon ve birçok sistemde basınçlı hava kullanılmaktadır. Aracın emniyeti fren sistemlerinin iyi çalışmasıyla paraleldir. Hava tankı, hava kompresörü tarafından üretilen havanın depolanmasını sağlayan ve ihtiyacı olan sistemin tüketim yapmasına yarayan bir elemandır. Hava tankları araçtan araca göre bağlantı adedi, bar, büyüklük, aksesuarlı ve litre olarak değişiklik göstermektedir. Hava tankları kelepçeler veya braketler aracılığıyla araca monte edilir. Hava giriş çıkış ve tahliyesi ise hava tanklarının üzerine kaynakla birleştirilen manşonlarla sağlanmaktadır. Şekil 1.’de hava tankı resmi gösterilmiştir.



Şekil 1. Hava tankı

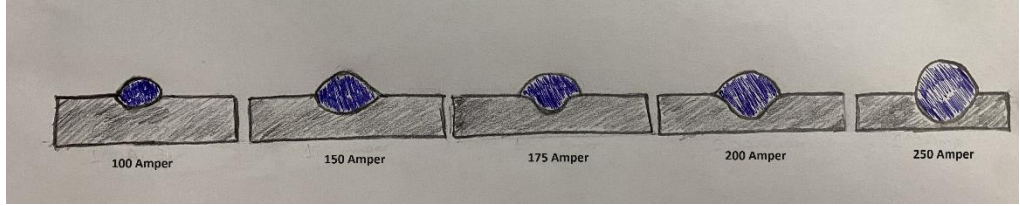
Hava tankının oluşumu iki bombe kapak ve bir gövdeden meydana gelmektedir. Bu parçalar ve manşonlar gazaltı kaynak yöntemiyle birbirlerine birleştirilmektedir. Ürünlerin kaynatılmasına en elverişli olan gazaltı kaynak yöntemi MIG-MAG kaynağı kullanılmaktadır. Parçaların kaynağı yapılırken kaynak parametreleri önem arz etmektedir. Örneğin kaynak hızının değişimi dikiş formunda değişikliklere neden olmaktadır. Tüm parametrelerin sabit tutulup kaynak hızının değiştiğinde dikiş boyutlarının farklılığını Şekil 2.’de gösterilmiştir (Uzun, 2015).



Şekil 2. Dikiş boyutlarının farklılığı

Diğer tüm parametreler sabit tutulup kaynak akım şiddeti değiştirildiğinde kaynak dikiş değişimi Şekil 3.’de gösterilmiştir (Uzun H.2015).

Şekil 3. Kaynak dikiş değişimleri



Aşırı yüksek akım şiddeti geniş kaynak banyosuna ve derin nüfuziyete yol açar ve levhanın delinmesine sebep olabilir. Aşırı nüfuziyet bir kaynakta bulunmasının istenmeyeceği kaynak hatalarına örnektir. Kaynak hataları genellikle kaynak hızı, uygulanan amper şiddeti, elektrod çapının yanlış seçilmesi gibi sebeplerden meydana gelebilir. Diğer başlıca kaynak hataları yanma oluşu, kaynak dikişinin hemen yanında oluşan oluklardır. Gözenek hatası ise kaynak yaparken dikişin içerisinden çıkamayan gazların sebep olduğu boşluklardır. Çatlak hatası eritme kaynağında çatlama olarak nitelendirilir veya esas metalde ya da kaynak yerinde olabilir (Anon., 2023).

Bu çalışmada kaynak hatalarının basınçlı hava tanklarında çatlak ve gaz boşluğu problemlerine yol açtığı için basınçlı hava tankı kaynaklarında TS EN ISO 5817 standarda uygun kaynak dikişi elde etmek için parametrik çalışma yapılmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışmada kullanılan manşon ve sac malzeme kimyasal bileşimi Tablo 1.’de verilmiştir. Manşonun malzemesi St 37-2’dir. Sac malzeme ise S355MC’dir. Malzeme analizleri Metek Spektromaxx cihazında yapılmıştır.

Tablo 1. Manşon ve sac malzeme kimyasal bileşimi

Malzeme	C	Si	P	S	Mn
Manşon	0,13	0,4	0,035	0,035	0,6
Sac	0,22	0,4	0,035	0,035	1,6

Çalışmada kullanılan manşonun sertlik değeri 162HB ve sac malzemenin sertlik değeri 159HB olarak ölçülmüş olup Emcotest Duravision cihazında ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada MIG-MAG gazaltı kaynağı kullanılmış olup bazı parametreler değiştirilmiş ve bazıları da sabit tutulmuştur. Sabit tutulan parametreler şöyledir;

Tel ilerleme hızı 210 amper olarak kullanılmıştır.

Tel kalınlığı Ø1.0mm olarak kullanılmıştır.

Kaynak teli cinsi olarak SG2 kullanılmıştır. Kimyasal bileşimi Tablo 2.’de verilmiştir.

Tablo 2. Materyalin kimyasal bileşimi

Malzeme Standardı	C	Si	P	S	Mn
TS EN ISO 14341 A G 42 3CM21 G3Si1	0,06-0,14	0,7-0,1	<0,025	<0,025	1,3-1,6

MIG-MAG kaynağı yaparken kullanılan kaynak gazı M14 ArCO₂ 5/2 tercih edilmiştir. Çalışmada değiştirilen kaynak parametreleri gerilim ve kaynak hızında değişiklik yapılmıştır. Gerilim 20-24-28(volt) olarak seçilmiştir. Kaynak hızı 60-72-84(cm/min) olarak seçilmiştir. Kaynak ısı girdisi (Kj/mm) seçilen parametrelere göre Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Kaynak ısı girdisi miktarları

Gerilim	Kaynak Hızı (cm/min)	Isı Girdisi(Kj /mm)
20	60	0.336
20	72	0.28
20	84	0.24
24	60	0.403
24	72	0.336
24	84	0.288
28	60	0.47
28	72	0.392
28	84	0.336

Sac malzeme 50x50mm olarak kesilmiştir. Sac parça manşon kaynatılması için ortalarına delikleri açılıp daha sonra kaynak makinesine götürülmüş ve belirlenen parametrelerde manşonlar saca kaynatılmıştır. Kaynatılan numuneler metalografi numune kesme makinesiyle küçük parçalar olacak şekilde kesildi. Kesilen parçalar metkon ecopress 102 makinesinde bakalite alınmıştır. Bakalite alınan numuneler 120-400-800 zımpara kağıdıyla zımparalanıp emcotest durascan cihazıyla noktasal vickers sertliklerine bakılmıştır. Ecos workflow programının yardımıyla 1mm aralıklarla 8 noktadan sertlikleri alınmış kaydedilmiştir. Numuneler tekrardan sırasıyla 800-1000-1200-2500 zımpara kağıtlarıyla zımpara yapılmıştır. Parlatma kâğıdı ve metkon diapat-m 3micron sıvısıyla parlatma işlemi uygulanıp saf alkol ile yüzey temizlenmiştir. Parlatılan ürünler SMZ 745 T stereo mikroskobu ile makro görüntüler ve mikro için Nikon ma200 mikroskobu ile görüntüler alınmıştır. Dağlama sonrası makro ve mikro görüntü için numuneleri tekrardan 2500 zımpara kâğıdıyla zımparası yapıp parlatma kâğıdı ve sıvısıyla tekrardan parlatma işlemi yapıldı. Parlatmadan sonra %2 HNO₃ %98 alkol içeren nital çözeltisiyle ürünlere 5-10 saniye süreyle dağlama işlemi uygulandı ve kurutuldu. Dağlanan ürünler tekrardan makro ve mikro analiz cihazıyla görüntüleri alındı. Makro ve mikro yapıların görüntüleri clemex analiz programıyla alınmıştır.

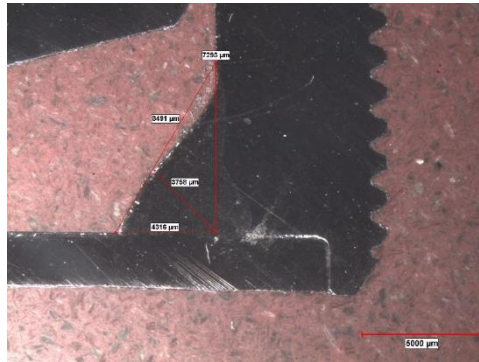
Bulgular ve Tartışma

Dağlanmış tüm numunelerin makro görüntüsünden alınan DL0(bacak boyu), DL1(bacak boyu, DL2(boğaz kalınlığı) ve DL3(boğaz yüksekliği) ölçüleri Tablo 4.’te verilmiştir.

Tablo 4. Dağlanmış numunelerin makro görüntülerinden alınan veriler

	60-20	60-24	60-28	72-20	72-24	72-28	84-20	84-24	84-28
DL0	6633 µm	7253 µm	9241 µm	5894 µm	7293 µm	8611 µm	5894 µm	6603 µm	8312 µm
DL1	6194 µm	5225 µm	3676 µm	4276 µm	4316 µm	4036 µm	4316 µm	4905 µm	4036 µm
DL2	9061 µm	8965 µm	9895 µm	7265 µm	8491 µm	9476 µm	7243 µm	8188 µm	9218 µm
DL3	4322 µm	3744 µm	4111 µm	3193 µm	3758 µm	3513 µm	3136 µm	3280 µm	3282 µm

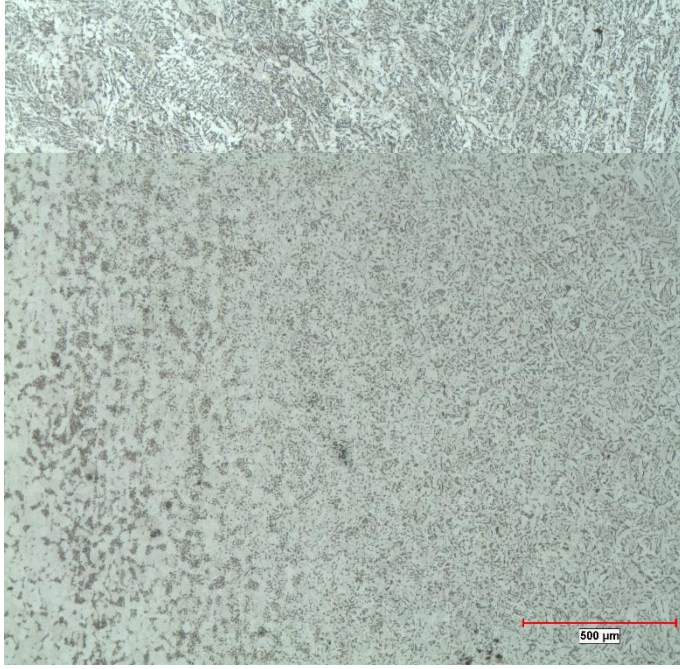
Dağlanmış 72 (cm/dak) kaynak hızında 24 voltaj değerinde yapılan numunenin makro görüntüsü Şekil 4.’te verilmiştir.



Şekil 4. Numunenin makro görüntüsü

Dağlanmış 72 (cm/dk) kaynak hızında 24 voltaj değerinde yapılan numunenin mikro görüntüleri Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7’de verilmiştir. Şekil 5 kaynağın mikro yapısını göstermektedir. Kaynak altı mikroyapısını incelediğimizde ferrit, perlit yapıda olduğu gözlenmiştir.

Şekil 5. Numunenin mikro görüntüsü

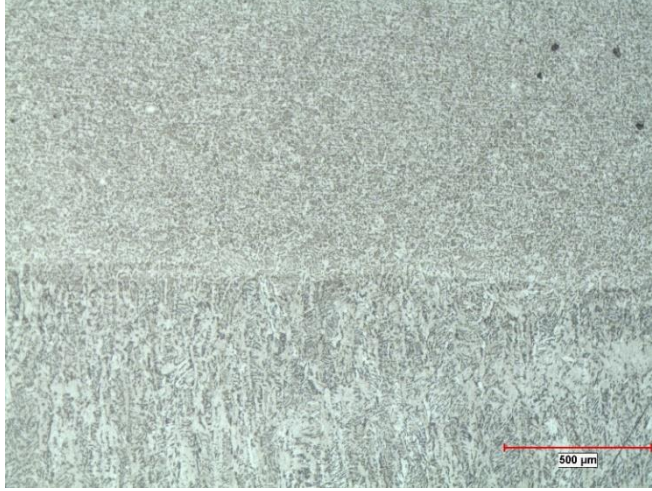


Şekil 6 manşon ve kaynağın mikro yapısını göstermektedir. Manşon ve kaynağın mikroyapısını incelediğimizde ferrit, perlit ve beynitik yapıda olduğu gözlenmiştir. Kaynak geçiş bölgesinde porozite görünmemektedir. ITAB (ısıya maruz kalan bölge) homojen bir yapıdadır.

Şekil 6. Manşon ve kaynağın mikro yapısı

Şekil 7 sac parça ve kaynağın mikro yapısını göstermektedir. Sac parça ve kaynağın mikroyapısını incelediğimizde ferrit ve perlit yapısında olduğu gözlenmiştir. C oranı fazla olduğu için perlit oranı daha fazladır. Fazla yük gelmesi durumunda siyah noktaların bulunduğu kısımda iç çatlak oluşma ihtimali vardır. Kaynak geçiş bölgesinde iri taneler gözlenmiştir.

Şekil 7. Sac parça ve kaynağın mikro yapısı



Yapılan tüm deney ve bulgular doğrultusunda en uygun kaynak parametresi olarak 72 (cm/dak) kaynak hızında 24 Voltaj değerinde yapılan kaynağın olduğu gözlenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma ACV Süspansiyon Sistemleri Ar-Ge departmanı bünyesinde 2023-01 proje desteğiyle gerçekleşmiştir

Kaynakça

Anon. (2023). TSE ISO EN 5817,2023. Kaynak – Çelik, nikel, titanyum ve bunların alaşımlarında ergitme kaynaklı (demet kaynağı hariç) birleştirmeler – Kusurlar için kalite seviyeleri

Dourado, M., Soares, D., Barbosa, J., Pinho, A.M., Meireles, J., Branco, P., Ribeiro, C., Rei, C. (2014). A comparative study of fatigue behaviour of Mag and laser welded components using reliability analysis. Materials Science & Engineering. doi: 10.1016/j.msea.2014.03.067

Hüseyin, U. (2015). MIG-MAG GAZALTI KAYNAK PARAMETRELERİ. Available from:<https://docplayer.biz.tr/12072497-Hosgeldiniz-mig-mag-gazalti-kaynak-parametreleri-kayna-k-sakarya-universitesi-teknik-egitim-fakultesi-teknolojisi-teknolojisi.html> [Last Accessed 12.12.2023]

Kaçar, R., Kökemli, K. (2004). Effect of controlled atmosphere on the mig-mag arc weldment properties. Materials & Design. doi: 10.1016/j.matdes.2004.07.027

Dünyada ve Ülkemizdeki İleri Teknolojik Malzemelerin Konumunun Karşılaştırılması ve Örnek Bir Uygulama ile Ele Alınması

Erhan Özkan

Dikkan, Ar-Ge Merkezi, İzmir, Türkiye

erhan.ozkan@dikkan.com

Giriş

Gümüş, insanlığın antik çağlardan beri bildiği ve kullandığı kıymetli bir metaldir. Altın ve platin gibi değerli metaller arasında yer alır. Gümüş, insanlık kültürlerinde uzun süredir önemli bir rol oynamıştır. Antibiyotiklerin keşfedilmesinden önce, antibakteriyel özelliklere sahip bir madde olarak geniş bir kullanım bulmuştur. Elektriksel ve termal iletkenlik, yansıtma ve temas direnci açısından tüm metaller arasında en yüksek özelliklere sahip değerli bir metaldir. Kimyasal reaktivitesi (reaksiyona girme eğilimi) oldukça düşüktür. Havada ve suda kimyasal olarak kararlı olmasına karşın ozon, hidrojen sülfid veya kükürt içermeyen havaya maruz kaldığında yüzeyinde lekeler oluşabilir.

Emtia yatırımlarında altından sonra ikinci sırada yer alan gümüş, altına göre daha düşük fiyatı ve son dönemdeki yüksek volatilitesi nedeniyle yatırımcılar arasında popüler bir tercih haline gelmiştir (Kumar ve ark., 2021). Gümüş, tarih boyunca takı ve süs eşyası olarak kullanıldığı gibi, günümüzde teknolojik gelişmelerle birlikte enerji, elektronik, sağlık ve savunma endüstrilerinden de talep görmektedir. Endüstriyel talebin yanı sıra, merkez bankalarının rezerv para birimi olarak kullanma eğilimi ve güvenli liman olarak altınla benzer şekilde değerlendirilmesi, gümüş fiyatlarını etkileyen kritik etmenler arasında bulunmaktadır. Yaklaşık 60 gram saf gümüş elde etmek için, toprak altından 1 ton gümüş cevheri çıkarılması gerekmektedir ve bu süreç 1.200 metre derinlikte gerçekleşmektedir. Gümüş, genellikle çeşitli metallerle bir arada bulunur; düşük sıcaklık minerali olduğu için kurşun, çinko, kalay, antimon, bizmut ve yeryüzüne yakın bölgelerde oluşan magmatik subvolkanik sıcaklıklarda meydana gelen bakır ile birleşik şekilde bulunabilir. Dünya rezervinin önemli bir kısmı, özellikle Kuzey ve Güney Amerika'nın batı kıyılarındaki maden yataklarında bulunmaktadır ve bu bölgeler dünya rezervinin yaklaşık %60'ını oluşturmaktadır. (Li ve ark., 2021).

Teknolojinin ilerlemesiyle artan talep göz önüne alındığında, gümüş üretimi özellikle Güney Amerika ve Kuzey Amerika'nın dağlık bölgelerinde yoğunlaşmaktadır. Dünya gümüş üretiminin %35'i Meksika, %12'si Peru ve %11'i ABD tarafından sağlanmaktadır. Türkiye, dünya üretiminde 20. sırada yer almakta olup, genellikle altın ile birlikte bulunan gümüşe en büyük talebin, Gold Fields Mineral Services Ltd'in raporuna göre, Hindistan, Avrupa Birliği ve ABD'den geldiği görülmektedir.

Gümüş mikroplara zarar verici etkilere sahip olması nedeniyle antibakteriyel ve dezenfektan olarak kullanılmaktadır. Yüksek dozlarda kullanılması, hayvanlara zarar vermeden birçok alt mekanizmayı etkili bir şekilde ortadan kaldırma özelliğine sahiptir. Gümüş insan sağlığı için

büyük bir tehlike oluşturmamakla birlikte bileşikleri toksiktir, deriyi mavi renge çevirir ve kanserojen etkiye sahip olabilmektedirler (Yang ve ark. 2020).

Gümüşün nanoteknolojide kullanımı ise geniş bir kullanım alanı sunmaktadır. Nano Yunanca “Cüce” anlamına gelmektedir ve bir metrenin milyarda birine denk gelmektedir ($1\text{nm}=10^{-9}\text{ m}$). Bir malzemenin sahip olduğu özellikler nano seviyesine indirildiğinde büyük değişiklikler göstermektedir. Bu durum yeni ürün ve uygulama olanakları sunmaktadır. Örnek olarak çok kırılğan nitelikte olan seramikler nano seviyesine indirildiğinde kolayca deforme edilebilir ve şekillendirilebilir hale gelmektedir. 1nm boyutundaki altın kırmızı renge dönüşür, bakır metalinin boyutu nano mertebelerine düşürüldüğünde şeffaf hale gelmektedir. Nanoteknoloji, özel imalat yöntemlerini kullanarak geliştirilen nano malzemelerin benzersiz özelliklerinden faydalanarak yeni malzemeler, sistemler ve cihazlar geliştirmeyi amaçlayan bir alandır. Bu teknolojinin temelinde iki önemli hedef yatar. Bunlardan biri, nano ölçekteki malzemelerin özel üretim yöntemleri ile elde edilen özelliklerinden yararlanmaktır. Diğer hedef ise büyük ölçekli malzemelerin atom seviyesinde kontrol edilerek iç yapılarının değiştirilmesi; böylece malzemelere olağanüstü özellikler kazandırılmasıdır. (Zeng ve ark. 2020).

Günümüzde araştırmacılar tarafından yoğun ilgi gören gümüş nano partiküller, benzersiz özellikleri ve teknolojik uygulama potansiyeli nedeniyle büyük bir ilgiyle incelenmektedir. Gümüş iyonlarının yüksek antibakteriyel ve antimikrobiyal özellikleri, nano boyutta özel malzemelerle birleştirilerek malzemenin içine entegre edilebilmekte veya malzemenin yüzeyine kaplanabilmektedir. Antibakteriyel malzemelerin özellikle medikal implant gibi alanlarda büyük fayda sağladığı gözlemlenmiş, aynı zamanda evde kullanılan boya, gıda ambalajı, tekstil ürünleri ve insanlarla doğrudan temas eden yüzeyler gibi birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Literatürde, gümüş ve gümüş bileşiklerinin 650’den fazla mikrop için güçlü bir biyosit olduğu ve gümüş nitratin geniş bir şekilde antimikrobik madde olarak kullanıldığı belirtilmektedir. (Li ve ark., 2020).

Bu çalışmada gümüş nanotellerin sentezlenmesi, karakterizasyonu ve uygulama alanlarına göre parametrelerinin tanımlanmasına ait veriler okuyucular ile paylaşılmıştır. Sentezlenen gümüş nanotellerin mikro yapıları yüksek çözünürlüklü SEM ile araştırılmış, faz analizleri XRD’den faydalanılarak gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen kaplamaların hizmet edeceği sektörler tespit edilerek uygulamaların yön vereceği teknolojilerden bahsedilmiş ve pazar payı ile ülkemizin stratejik konumu ele alınmıştır.

Materyal ve Metot

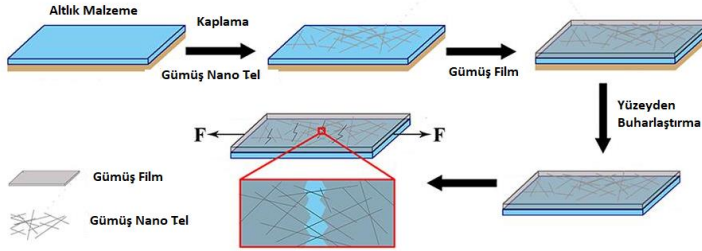
Gümüş nanotel numunelerinin kristal yapıları $\text{CuK}\alpha$ radyasyonu (1.540 \AA) ile Rigaku marka XRD kullanılarak belirlendi. Bu inceleme sırasında akım ve gerilim sırasıyla 40 mA ve 40 kV ’de tutuldu. Hazırlanan gümüş nanotellerin morfolojileri örnekler SEM çalışmaları ile incelenmiştir. Numunelerin morfolojik karakterizasyonları SEM-EDX ile donatılmış Philips XL 30S FEG SEM kullanılarak yapıldı. Bu numuneler kullanılarak üretilen numunelerin akım voltajı (J-V) ile karakterize edildi ölçüm. Bu incelemeler ve ölçümler 100 mW/cm^2 ve AM 1,5 ışık yoğunluğu koşulları altında gerçekleştirildi. Çeşitli yoğunluklarda ışıma yoğunluğu 450 W Xenon ışık kaynağı (Oriel) cihazı ile sağlandı. Keithley 2400 Kaynak Ölçer ve J-V veri toplama için LabView veri toplama yazılımı kullanıldı.

Gümüş nanoyapıları; çinko nitrat hegzahidrat [$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$], gümüş nitrat (AgNO_3) ve sodyum hidroksit (NaOH) solüsyonlarının hidrotermal yöntemle sentezlenmiştir. Kullanılan bu

kimyasallar Sigma Aldrich'ten satın alınmış ve hiçbir değişiklik yapılmadan satın alındığı şekilde kullanılmıştır. 3,15 mmol $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ solüsyonu ile 50 ml $AgNO_3$ 1 litre distile su içerisinde çözüldü. Elde edilen çözeltiye 37,5 mmol NaOH eklendi. Bu çözelti numuneleri bir behere yerleştirildi ve manyetik karıştırıcı kullanılarak karıştırıldı. Bu karışım numuneleri daha sonra teflona aktarılmış ve kaplar mikrodalga fırına yerleştirilmiştir. Fırın açıldıktan sonra karışımlar $195^\circ C$ 'de, 195 PSI'da ve 1 saat süreyle işleme tabi tutuldu. 1 saat sonra reaksiyon tamamlandı ve teflon kaplar fırından çıkarıldı. Karışım numuneleri filtrasyon yöntemiyle toplandı. Bunlar çöktüler daha sonra damıtılmış su ile yıkandı. Daha sonra elde edilen malzemeler fırına konularak $70^\circ C$ 'de 2 saatte kurutuldu. Daha sonra bu işlenmiş numunelerin morfolojik ve yapısal kontrolleri gerçekleştirilmiştir.

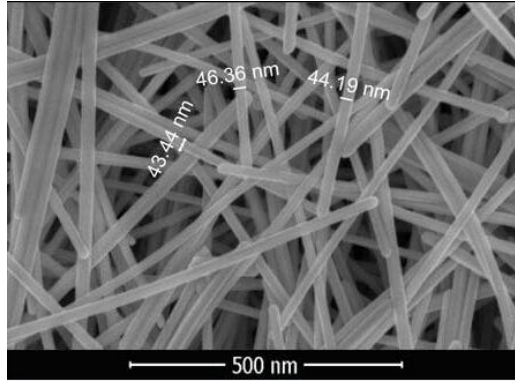
Bulgular ve Tartışma

Gümüş nanotellerin üretimine ait akış Şekil 1’de gösterilmiştir. Bu sentezde gümüş filmler ve gümüş nanotel partikülleri başarıyla cam altlıklar üzerinden sentezlenmiş ve karakterizasyon aşamasına geçilmiştir.



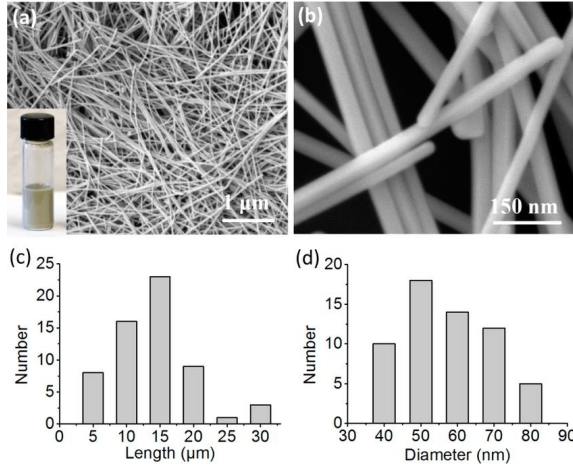
Şekil 1. Gümüş nanotel sentezlenme aşamaları.

Elde edilen gümüş nano tel partiküllerinin morfolojileri Şekil 2’de yer almaktadır. Karakterizasyon amacıyla sentezlenen partiküllerde herhangi bir koşullu yönlenme tercih edilmemiştir bu durum Şekil 2’de net bir şekilde gözlenmektedir ancak koşullu yönlenme tercih edilmesi durumunda bu sefer nano yapı analizinde partiküllerin tamamının aynı istikamette yöneleceğini gözlemlemek mümkündür (Durukan ve ark., 2019).



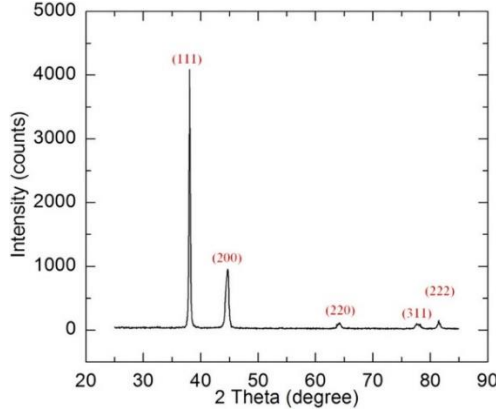
Şekil 2. Gümüş nanotel nano yapıları.

Gümüş nanotel yapılarında önemli olan konulardan bir tanesi de nano yapıların morfolojilerinin yanında yapı dağılım oranı ve nano tellerin uzunluklarının ele alınması kritik bir öneme sahiptir. Bu sayede nanotellerin kullanım alanına ait özellikler geliştirilip özelleştirilebilmektedir (Guan ve ark., 2020). Şekil 3’te sentezlenen gümüş nanotellerin nano yapısı, tel uzunluğu dağılımı ve elde edilen solüsyon görseli yer almaktadır.



Şekil 3. Gümüş nanotel nano yapı dağılımları.

Gümüş nanotellerin faz analizi XRD ile tanımlanmış ve bu analiz Şekil 4’te verilmiştir. Piklerin dar olması nano partiküllerin sentezlenmiş olmasının, herhangi bir sapma ve pik karmaşasının olmaması ise homojen bir yapının elde edilmiş olduğunun bir ispatıdır (Zhou ve ark. 2020).



Şekil 4. Gümüş nanotel faz analizi.

Sonuç

Araştırmacılar, metalik nano telleri, nano tellerin dönüm noktası olan birbirine bağlı büyük ağlara monte etmek için, ışık kaynaklı kendi kendini sınırlayan bir plazmonik kaynak teknolojisi geliştirdiler. Gümüş nano tellerden oluşan bir elektrik şebekesi bu teknoloji kullanılarak inşa edilebilir. İletken yapıştırıcı, kurşunsuz lehim için bir alternatif olarak piyasada mevcuttur. Çalışmalar, farklı morfolojilere sahip gümüş nano tellerin iletken yapıştırıcının iletken dolgu maddeleri olarak iletkenliğini artırdığını göstermiştir. Ana dolgu malzemesi olarak büyük boyutlu gümüş tozu kullanmak ve belirli miktarda gümüş nano tellerin eklenmesi iletkenliği daha da artırır. Nano tellerin bu yenilikçi kullanımını, üreticileri için birçok yeni fırsat ortaya koymuştur (Tan ve ark. 2020). Gümüş nano teller, daha yüksek optik geçirgenlik, daha düşük tabaka direnci, esneklik ve düşük işleme maliyeti gibi özellikleri nedeniyle yarı iletken cihazlarda yeni nesil şeffaf iletken elektrotlar (TCEs) olarak kabul edilmiştir. Bu pazarın toplam geliri, 2020 yılı döneminde %6,4'lük bir büyüme ile 320,55 milyon dolar olarak tespit edildi ve 2025 yılına kadar 425 milyon dolara ulaşması bekleniyor. Ülkemiz için bu konuda yapılacak olan çalışmalar kritik bir öneme sahiptir ve bu çalışmaların artması Türkiye için stratejik bir öneme sahiptir.

Kaynaklar

Durukan, M. B., Doğanay, D., Ünal, H. E. (2019). Silver Nanowire–Cobalt Hydroxide Textile Electrodes for Flexible and Wearable Energy Storage Applications.

Guan, F., Xie, Y., Wu, H., Meng, Y., Shi, Y., Gao, M., Pei, Q. (2020). Silver nanowire–bacterial cellulose composite fiber-based sensor for highly sensitive detection of pressure and proximity. ACS nano, 14(11), 15428-15439.

Kumar, A., Shaikh, M. O., Chuang, C. H. (2021). Silver nanowire synthesis and strategies for fabricating transparent conducting electrodes. Nanomaterials, 11(3), 693.

- Li, D., Lai, W. Y., Feng, F., Huang, W. (2021). Post-treatment of screen-printed silver nanowire networks for highly conductive flexible transparent films. *Advanced Materials Interfaces*, 8(13), 2100548.
- Li, W., Zhang, H., Shi, S., Xu, J., Qin, X., He, Q., Fahlman, M. (2020). Recent progress in silver nanowire networks for flexible organic electronics. *Journal of Materials Chemistry C*, 8(14), 4636-4674.
- Tan, D., Jiang, C., Li, Q., Bi, S., Song, J. (2020). Silver nanowire networks with preparations and applications: a review. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 31, 15669-15696.
- Yang, Y., Chen, S., Li, W., Li, P., Ma, J., Li, B., Liu, Y. (2020). Reduced graphene oxide conformally wrapped silver nanowire networks for flexible transparent heating and electromagnetic interference shielding. *Acs Nano*, 14(7), 8754-8765.
- Zeng, Z., Wu, T., Han, D., Ren, Q., Siqueira, G., Nyström, G. (2020). Ultralight, flexible, and biomimetic nanocellulose/silver nanowire aerogels for electromagnetic interference shielding. *Acs Nano*, 14(3), 2927-2938.
- Zhou, B., Su, M., Yang, D., Han, G., Feng, Y., Wang, B., Shen, C. (2020). Flexible MXene/silver nanowire-based transparent conductive film with electromagnetic interference shielding and electro-photo-thermal performance. *ACS applied materials & interfaces*, 12(36), 40859-40869.

Dijitalleşme, Toplum 5.0 ve Sürdürülebilirlik Uygulamalarına Farklı Bir Yaklaşımla Risk Analizlerinin Gerçekleştirilmesi

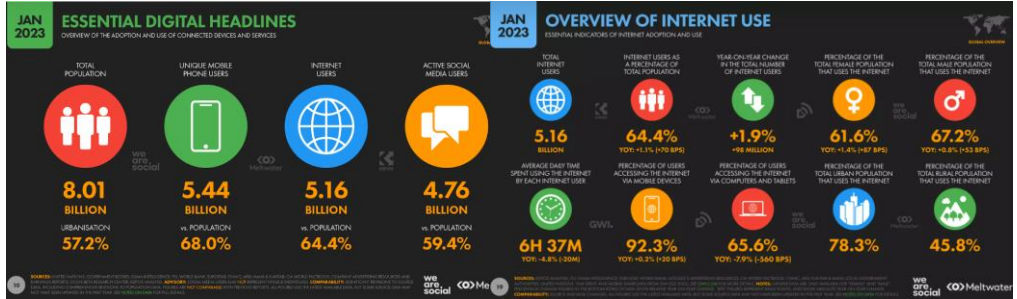
Erman Yetimoğlu

Dikkan, Ar-Ge Merkezi, İzmir, Türkiye

erman.yetimoğlu@dikkan.com

Giriş

Dijitalleşme, günümüzde teknolojik ilerlemelerin anahtar bir unsuru olarak karşımıza çıkmaktadır. İnternetin yaygın kullanımı, bilgi ve içeriklerin dijitalleştirilmesiyle birlikte toplumsal ve bireysel hayatı kökten değiştirmiştir (Urbach ve ark., 2019). Ancak, bu dijital dönüşüm beraberinde çeşitli riskleri getirmekte ve özellikle sosyal medya kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte, risk toplumu olgusunu daha da karmaşık hale getirmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Dijital başlıklar ve internet kullanım oranı.

Şekil 2’de Dünya’da ve Türkiye’de dijitalleşmenin geldiği nokta ve büyüme rakamları gelişmenin ne kadar hızlı olduğunu göstermektedir (Agostini ve ark., 2020).



Materyal ve Metot

Dijitalleşmenin iletişim ağı üzerindeki etkileri, bilgiye erişimdeki kolaylık ve hızın yanı sıra toplumsal etkileşim dinamiklerinde de önemli değişimlere neden olmaktadır. Bu durum, bireylerin ve toplumların bilgi alışverişini, sosyal ilişkilerini ve kültürel etkileşimlerini yeniden tanımlamaktadır. Ancak, bu değişimlerle birlikte, özellikle sosyal medyanın etkileşim platformu olarak kullanılmasıyla ortaya çıkan risklerin üzerinde durmak önemlidir.

Bu çalışmanın temel problemi, geniş kitlelere hitap eden sosyal medya platformlarının kullanımının, risk toplumu olgusu çerçevesinde nasıl değerlendirilebileceğidir. Modernliğin ürettiği risklerde, bireylerin kendi karar mekanizmalarının etkili olduğu durumlar gözlemlenebilir. Ancak, küresel ölçekteki risklerle başa çıkarken bireysel düzeyde korunmanın sınırlı olduğu anlaşılmaktadır (Özkan, 2023).

Dijitalleşme ve sosyal medya kullanımının, günümüz dünyasında karşılaşılan risk ve tehlikeleri farklı bir boyuta taşıdığı gözlemlenmektedir. Özellikle siber güvenlik, veri gizliliği ihlalleri, sahte haberlerin yayılması gibi sorunlar, sosyal medyanın kullanımının getirdiği risklerin sadece bireyleri değil, aynı zamanda toplumu da etkilediğini göstermektedir.

Bulgular ve Tartışma

Çalışma, dijitalleşmenin iletişim ağı üzerindeki etkilerini ve sosyal medyanın risk toplumu dinamiklerindeki rolünü anlamak adına önemli bir analiz sunmaktadır. Günümüzde karşılaşılan zorluklarla baş etmek için bireysel ve toplumsal düzeyde sürdürülebilir çözümler geliştirmek, dijitalleşme ve sosyal medyanın getirdiği risklerle başa çıkmak için kritik öneme sahiptir. Bu noktada, güvenli dijital pratiklerin teşvik edilmesi, siber güvenlik politikalarının güçlendirilmesi ve toplumun dijital okuryazarlık seviyesinin artırılması gibi öneriler, gelecekte daha güvenli ve sürdürülebilir bir dijital ortamın oluşturulmasına katkı sağlayabilir (Ilcus, 2018).

Bu çalışma, dijitalleşmenin sosyal medya üzerindeki etkilerini ve risk toplumu bağlamındaki analizini sunarken, gelecek araştırmalar için bir temel oluşturabilir. Özellikle, sürdürülebilirlik perspektifinden yaklaşarak, dijitalleşme ve sosyal medya kullanımının çevresel etkileri üzerindeki çalışmaların artırılması, gelecek nesillerin bu teknolojileri daha sürdürülebilir bir şekilde benimsemelerine katkı sağlayabilir.

Ayrıca, bireylerin ve toplumların bu dijital değişimlere adaptasyon süreçleri üzerindeki etkilerini inceleyen psikososyal çalışmalar da büyük önem taşımaktadır. Dijitalleşme ve sosyal medya kullanımının mental sağlık, sosyal ilişkiler ve kültürel değerler üzerindeki etkilerini anlamak, bu teknolojilere daha bilinçli bir şekilde yaklaşmak için önemli bir adım olacaktır (Kuusisto, 2017).

Sonuç

Sonuç olarak, dijitalleşme ve sosyal medyanın günümüzdeki toplumsal dinamikleri nasıl şekillendirdiğini anlamak, gelecekteki teknolojik gelişmelere daha etkili ve sürdürülebilir bir şekilde yanıt vermemize yardımcı olabilir. Bu bağlamda, multidisipliner bir yaklaşım benimsemek ve teknolojinin toplumsal etkilerini değerlendiren bütünlüklü stratejiler

geliştirmek, dijitalleşmenin pozitif yönlerini güçlendirmek ve risklerini minimize etmek adına önemlidir (Riedl, 2017).

Çalışmanın önemli bir boyutunu da, dijitalleşme ve Toplum 5.0 kavramları arasındaki ilişki oluşturmaktadır. Toplum 5.0, endüstriyel dönüşümdeki beşinci evre olarak tanımlanmakta ve insan odaklı, sürdürülebilir bir toplumu hedeflemektedir. Bu bağlamda, dijitalleşmenin Toplum 5.0’ın temel ilkelerini nasıl destekleyebileceği ve sürdürülebilirlik uygulamalarına nasıl katkı sağlayabileceği üzerine daha derinlemesine çalışmalar gerekmektedir.

Ayrıca, dijitalleşme ve sosyal medya kullanımının toplumlardaki eşitsizliklere olan etkilerini anlamak da kritik bir konudur. Dijital uçurumların ve bilgi eşitsizliklerinin nasıl azaltılabileceği, sosyal adaletin nasıl güçlendirilebileceği üzerine yapılan araştırmalar, dijitalleşme sürecinin toplumsal katmanlara etkilerini daha iyi kavramamıza yardımcı olabilir.

Dijitalleşmenin yaygınlaşması ile, bu teknolojilerin etik ve hukuki boyutları da önem kazanmaktadır. Veri gizliliği, siber güvenlik, yapay zekâ etiği gibi konularda daha kapsamlı düzenlemelerin ve etik standartların belirlenmesi, dijitalleşme sürecinin daha güvenilir ve adil bir şekilde yönetilmesine olanak sağlayabilir (Parviainen, 2017).

Bu çalışma, dijitalleşme, sosyal medya ve risk toplumu kavramlarını bütünlüklü bir perspektifle ele almış ve bu alanlardaki karmaşık ilişkilere ışık tutmuştur. Ancak, bu konulardaki hızla değişen peyzaj nedeniyle, gelecekteki araştırmaların, teknolojinin toplumsal ve çevresel etkilerini daha yakından izleyerek, bu etkilerle başa çıkma stratejilerini geliştirmeye odaklanması gerekecektir. Dijitalleşmenin toplumu nasıl dönüştürdüğünü anlamak, sürdürülebilir ve adil bir dijital geleceğe doğru ilerlemek adına önemli bir adımdır.

Bu bağlamda aşağıdaki gibi Fine-Kinney metodunu kullanarak riskleri anlamlandırmak faydalı bir yöntem olacaktır (Şekil 3).

6.1		Risk Sınıfı			Hemzeli alan olmaları ve olmaları'nın uygulanışının kontrolüne yönelik sebepleri/leçler.										R-EXO		RISK ANALİZİ						
Risk Tanımı (Tehdit /Fırsat Risk neden analizi ile birlikte tanımlanır)		Potansiyel Sonuç	Stratejik Fırsat	Operasyonel	Mevcut Önlemler										Risk Puanı (Riskin Değer)	Olasılık Puanı	RISK PUANI	Risk Yanıtlanma/ ÖNEM DERESESİ					
Tehdit	Fırsat				Stratejik alanların Güvenliği	Premiyolların Bilen Güvenliği	İnsan kaynaklı Güvenliği	Fiziksel Güvenliği	İyileştirme/Çalışan Güvenliği	Çevre Güvenliği	Bilgi Güvenliği	Etki Puanı (Riskin Değer)											
Siber/Güvenlik(ç. dş) saldırıları nedeniyle bilgilerin ifşası veya sistemlere erişilemesi	T	Maddi Kayıp ya da Prestij Kaybı		X								1	3	1	5	3	1	5	4	3	12	Yüksek	
Hatalı konfigürasyon nedeniyle performans kaybı veya erişim sorunu	T	Prestij Kaybı		X								1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	4	Düşük
Yazılım hatası nedeniyle bilginin bozulması veya bilgiye erişilememesi	T	Bilgi Güvenliği Yada Maddi Kayıp		X								1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	4	Düşük
Fiziksel veya güncellemeleri zamanında yüklenebilmesi nedeniyle güvenlik açığı oluşması	T	Bilgi Güvenliği		X								1	1	1	2	1	1	1	4	4	2	8	Orta
Fazladaki güvenlik açığı (back door vb.) bilgi sızdırma veya hizmetin aksaması	T	Bilgi Güvenliği Yada Maddi Kayıp		X								1	1	1	3	1	1	1	3	3	3	9	Orta
İş sürekliliğinin mahdumun sevilyeye çıkarılması, yabınlaştırılması ve güvenliğinin sağlanması. Doğru verinin hızlı ve güvenli şekilde alınması ve hızlı erişim.		Bilgi Güvenliği Yada Prestij Arıza	X									3	3	1	1	1	1	1	2	3	3	9	Orta
Donanım arızası nedeniyle BT hizmetinin kesintiyne uğraması	T	Hizmet Kesintisi Yada İş kaybı		X								1	1	1	3	1	1	1	3	3	3	9	Orta

Şekil 3. Fine-Kinney metoduna ait örnek bir uygulama.

Dijitalleşmenin eğitim sistemlerine olan etkileri de ayrı bir öneme sahiptir. Gelecek araştırmalar, dijitalleşmenin eğitimdeki rolünü ve bu teknolojilerin öğrenme süreçlerine olan etkilerini daha detaylı bir şekilde incelemelidir. Eğitimde dijitalleşme, bilgiye erişimi demokratikleştirebilir ancak aynı zamanda dijital uçurumları artırabilir. Bu noktada, dijitalleşmenin eğitimde eşitlik ve erişim konularındaki potansiyel çatışmaları ele almak önemlidir.

Araştırmalar, dijitalleşme ve sosyal medyanın kamuoyu oluşumu üzerindeki etkilerini daha derinlemesine anlamalıdır. Yeni medya, geleneksel medyadan farklı olarak, bireylerin bilgiye erişimini ve içerik üretimini demokratikleştirmiş olsa da aynı zamanda bilgi kirliliği, algı yönetimi gibi sorunları da beraberinde getirmektedir. Dijitalleşmenin kamuoyu oluşumu üzerindeki karmaşıklığı anlamak, daha şeffaf ve güvenilir bir bilgi ortamı oluşturmak için önemlidir. Teknolojik gelişmelerin ivme kazandığı bir dönemde, insan-makine etkileşimi önemli bir araştırma alanıdır. Dijitalleşme, yapay zekâ, otomasyon gibi konular, çalışma yaşamından kişisel yaşama kadar birçok alanda insanların teknolojiyle etkileşimini değiştirmektedir. Bu etkileşimlerin, insan sağlığı, iş gücü dinamikleri ve sosyal ilişkiler üzerindeki etkileri anlaşılmalı ve bu alandaki gelişmeler toplumun geneline fayda sağlayacak şekilde yönlendirilmelidir. Öncelikle, bireysel düzeyde, dijitalleşme ve sosyal medya kullanımının getirdiği risklere karşı bireylerin dijital okuryazarlık düzeylerini artırmak önemlidir. Eğitim programları ve bilinçlendirme kampanyaları, kullanıcıların çevrimiçi ortamlarda karşılaşabilecekleri tehlikeler konusunda bilinçlenmelerine yardımcı olabilir. Toplumsal düzeyde ise, dijitalleşmeyle birlikte ortaya çıkan ekonomik dönüşümün etkilerini hafifletmek ve iş gücü piyasasını güçlendirmek için yenilikçi politika çözümleri gereklidir. Eğitim sistemlerinin dijital becerileri öne çıkaran bir perspektifle yenilenmesi, iş gücünün dijitalleşmeyle daha uyumlu hale gelmesine katkı sağlayabilir. Öte yandan, sürdürülebilir çözümler arasında dijital güvenliği güçlendirmek, veri mahremiyetini korumak ve siber saldırılara karşı direnci artırmak da bulunmaktadır. Bu hem bireysel kullanıcıları hem de kurumsal düzeyde faaliyet gösteren kuruluşları kapsayacak şekilde kapsamlı bir yaklaşımı gerektirir. Netice itibariyle, bu öneriler, dijitalleşmenin sunduğu fırsatları en iyi şekilde değerlendirmenin yanı sıra, karşılaşılan risk ve zorlukları en aza indirmek adına toplumun kolektif çabalarını koordine etmenin önemini vurgular. Bireyler, iş dünyası, hükümetler ve sivil toplum kuruluşları arasında iş birliği, dijitalleşmenin olumlu etkilerini güçlendirerek toplumsal refahın artırılmasına katkı sağlayabilir.

Kaynakça

- Agostini, L., Galati, F., Gastaldi, L. (2020). The digitalization of the innovation process: Challenges and opportunities from a management perspective. *European journal of innovation management*, 23(1), 1-12.
- Ilcus, A. M. (2018). Impact of digitalization in business world. *Revista de Management Comparat Internațional*, 19(4), 350-358.
- Kuusisto, M. (2017). Organizational effects of digitalization: A literature review. *International journal of organization theory and behavior*, 20(03), 341-362.
- Özkan, E. (2023). Digital Industrialization in The Transition to 3D Printing Technology. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 7(2), 286-294.

Parviainen, P., Tihinen, M., Kääriäinen, J., Teppola, S. (2017). Tackling the digitalization challenge: how to benefit from digitalization in practice. *International journal of information systems and project management*, 5(1), 63-77.

Riedl, R., Benlian, A., Hess, T., Stelzer, D., Sikora, H. (2017). On the relationship between information management and digitalization. *Business & Information Systems Engineering*, 59, 475-482.

Urbach, N., Ahlemann, F., Böhm, T., Drews, P., Brenner, W., Schaudel, F., Schütte, R. (2019). The impact of digitalization on the IT department. *Business & information systems engineering*, 61, 123-131.

Multifonksiyonel Akıllı Nanokompozit Kaplamalar: Eu Katkılı Hibrit Poliüretanların Yapı Malzemelerinde Görünür Bölge Emisyonu Sağlayan Yüzey Kaplaması Uygulamaları

Gökçe ASAN¹, Merve Esra Üngör¹, Yüksel Abal², Osman Arslan^{1*}

¹İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 34303, Küçükçekmece, İSTANBUL/TÜRKİYE

²Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kimya Bölümü, 45140 Yunussemre, MANİSA/TÜRKİYE

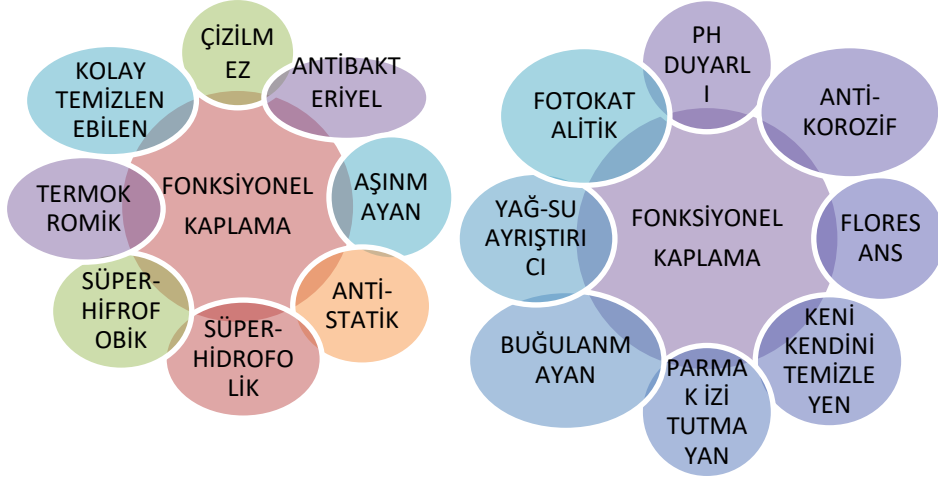
gokce.asan@std.izu.edu.tr

*o.arslan@izu.edu.tr

Giriş

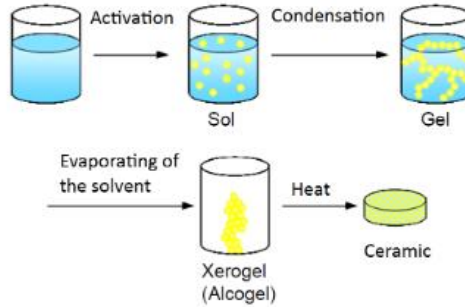
Malzemelerin yüzeylerini olduklarından daha güzel göstermek, farklı özellikler ekleyip yüzeylerin yapısal özelliklerini geliştirmek amacıyla kaplamalar yapılır (Avcı, G.G., 2009). Genel olarak kaplamaların sağlam, kullanımı basit, ekonomik ve çevre dostu olması önemlidir. Bu özelliklerin elde edilmesinde en etkili yöntem nano kaplamalardır. Nano kaplama, malzeme yüzeylerini kaplayan bir tabaka içeren nano boyutlu yapıların kullanılmasıdır. Nano ölçekte, gözle görülemeyen kimyasal ve fiziksel özellikler, nano boyutlu taneciklerin yüzeye düzenli bir şekilde yerleştirilmesiyle elde edilir. Bu kaplamalar nanokompozit malzemeler eklenerek geliştirilir. Nanokompozit kaplama, birbirinden ara yüz bölgesi ile ayrılmış en az iki karışmayan fazdan oluşan bir malzemedir. Malzeme, matris olarak adlandırılan ana bileşenin, içinde dağıldığı en az bir boyutta nanometre ölçeğini içermelidir (Martinez-Martinez, 2013). Nanokompozit malzeme ile kaplamaya bazı fonksiyonellik katan özellikler eklenir. Birçok farklı fonksiyonelliyi birbiri örtmeden bir araya getirebilen kaplamalara multifonksiyonel nanokompozit kaplama denir. Bu kaplama sistemde homojen olarak dağıtılarak yüzeyin her bir köşesinde aynı özelliği gösterir.

Multifonksiyonel kaplamalar birçok özellik içerebilir. Farklı katkı maddeleri sayesinde kaplama aşınmaz, antibakteriyel, süperhidrofobik, termokromik gibi özellikler kazanabilir. Nanokompozit multifonksiyonel kaplamalarda mümkün olan özelliklerin bazıları Şekil 1’de verilmiştir. Sonuç olarak multifonksiyonel nanokompozit malzemeler uygulandıkları yüzeylerin özelliklerini değiştirerek ya da yeni özellikler kazandırarak malzemelerin kullanım alanlarını genişletir, dayanıklılığını artırır, onlara değer kazandırır (Avcı, G.G., 2009).

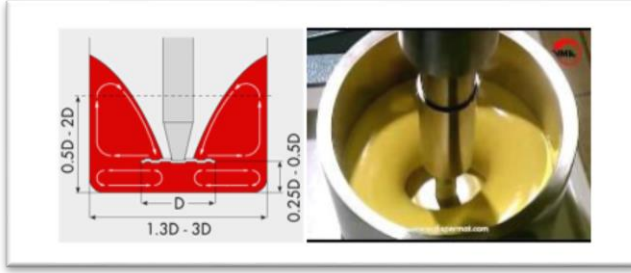


Şekil 3. Multifonksiyonel Kaplama Özellikleri

Multifonksiyonel nanokompozit kaplamalar, istenen özellikleri sağlayacak kimyasal formülasyonların oluşturulmasından sonra cam, metal, seramik, beton, kağıt, tekstil, plastik gibi her türlü yüzeye uygulanabilir. Nanokompozit yapılar sol-jel metoduyla sentezlenebilir. Sol-jel yöntemi, malzemenin sıvı fazda bir jel formuna dönüşmesini içeren bir süreçtir. Bu yöntem, fonksiyonel nanomateryallerin dispersiyonunu sağlamak için özellikle uygun bir seçenektir. İlk aşamada, çözelti içinde çözünen öncüller, kimyasal reaksiyonlarla birleşerek bir jel oluşturur. Daha sonra, bu jel içinde nano malzemeler homojen bir şekilde dağıtılır ve malzeme şekillendirilerek sertleştirilir. Nanokompozit malzemelerin her yerde aynı özelliği göstermesi için homojen olarak dağıtılması gerekir. Partiküllerin tam anlamıyla dispersiyonu için mekanik karıştırıcı kullanılır. Sol-jel yöntemi, nanokompozitlerin üretiminde kullanıldığında, bu multifonksiyonelliği artırmak için çeşitli stratejilere olanak tanır. (Brinker ve Scherer, 1990)

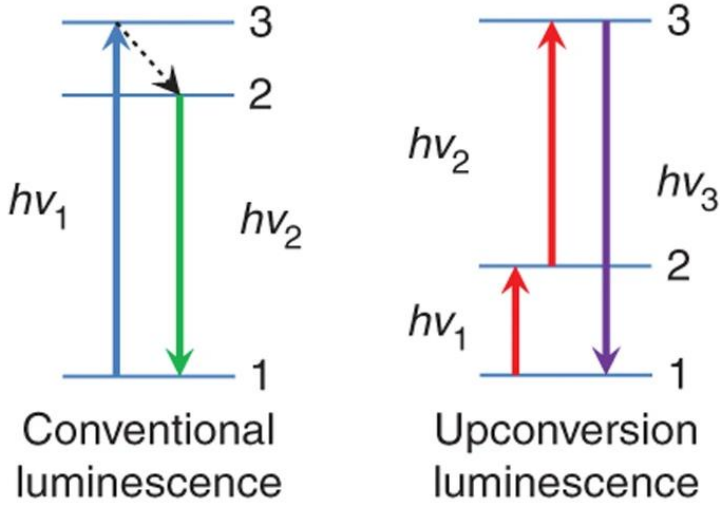


Şekil 4 Sol-jel Prosesi Gösterimi



Şekil 5. Partiküllerin Dispersiyonu İçin Kullanılan Mekanik Karıştırma İşlemi

Öropyum dots, nanoskala boyutlarda yapılan öropyum içeren nanotaneçiklerdir. Öropyum dots, uyarıldıklarında belirli dalga boylarında floresan ışık yayabilirler. Bu, çeşitli optik uygulamalarda kullanılabilecek güçlü bir özelliktir. Fosfor veya fosfor malzemeleri olarak da bilinen ve lüminesans malzeme olarak adlandırılan ışıkfosforlar, elektromanyetik ışıma tarafından uyarıldığında veya uyarıldığında optik ışıma gösteren kimyasal bileşikler olarak tanımlanabilir. Lüminesans malzemeler, uyarma ve emisyon enerjisi arasındaki enerji farkına göre yukarı dönüşüm (up-conversion) ve aşağı dönüşüm (down-conversion) emisyonu olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Aşağı yönlü dönüşüme karşı olarak, yukarı yönlü dönüşüm işlemi veya Anti-Stokes emisyonları genellikle uzun dalga boylu ışığı, örneğin kızılötesi veya yakın kızılötesi ışığı, kısa dalga boylu, ardından görünür veya UV ışığına dönüştüren kimyasal olayları ifade eder. Yani, uyarma için iki veya daha fazla foton kullanılarak kızılötesi ışığı görünür ışığa dönüştürebilirler (Saltoun, 2013; Liu, 2016)



Şekil 6 Yukarı Dönüşüm (up-conversion) Gösterimi

Poliüretan (PU) özellikleri çok ve sık kullanılan bir polimerdir. Poliüretan diğer polimerlere göre pek çok farklı özellik gösterebilen özel bir polimer türüdür (Melciors ve ark., 2000). Poliüretanların en önemli özelliklerinden biri çok kaliteli bir malzeme olmasıdır. Transparan

kaplama olarak kullanılmasında çok iyi performans sergilerken renkli olarak da kullanılabilir. Poliüretanlar sert ve esnek yapısından dolayı dış etkenlere ve çizilmelere karşı dayanıklılık gösterirler (Akindoyo ve ark., 2016). Polimer nanokompozitler, polimer matrisinin içine 100 nm’den küçük parçacıklar entegre edilerek hazırlanan, polimerlerin özelliklerine ek yeni özellikler sağlamak ve pek çok özelliği geliştirmek için kullanılan malzeme türleridir. Kaplamalarda kullanılan poliüretan nanokompozit partiküller, diğer katkılara göre daha yüksek yüzey aktivitesine sahip oldukları için reçine, pigment ve katkılar arasındaki boşluğun daha az olmasını sağlar. Bu özellikleri sayesinde aşınmaya direnç sağlanmış olur yani iyonların geçeceği boşluklar azaldığı için direnç artar (Mathiazhagan ve Joseph, 2011). İzosiyanat ve diolün beraber kullanılması sayesinde kaplama hem transparan bir görüntü elde eder hem de sert ve esnek yapısından dolayı dış etkenlere karşı dayanıklıdır.

Biz bu çalışmamızda, hibrit nanokompozit yapı, Eu (öropyum) içerikli partiküllerin alifatik triizosiyanat (heksametilen diizosiyanat) ve hafifçe dallanmış hidroksil içeren polyester poliöl yapıları ile sentezlenmiş ve özellikle transparan karakterinden dolayı, seramik yapıların birleştirilmesinde kullanılan derz dolgularının yüzeyinde, görünür bölgede emisyon yapabilen kaplama olarak uygulanmıştır. Öropyumun upconverting özelliğinden dolayı sentezlenen nanokompozit yapıları çok küçük miktarlarda oldukça verimli emisyon özellikleri sergilemektedir.

Materyal ve Metot

Deneyel çalışmalarda, Öropyum oksit partikülleri, diizosiyanat, diol Kansai Altan’dan, Metoksi Propil Asetat (PMA) Merck’den temin edilmiştir.

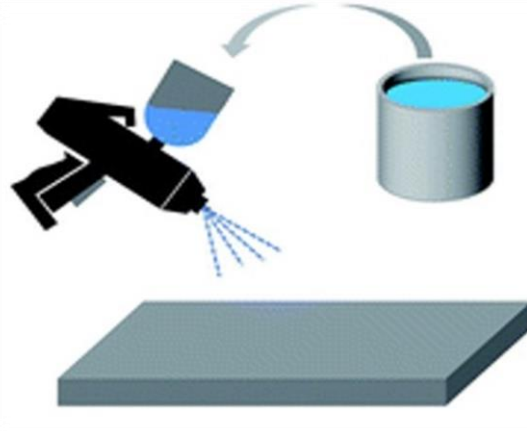
Nanokompozit Kaplama Çözeltisi Hazırlanması

İzosiyanat ve PMA kimyasalları belli bir oranda falkonda hazırlanarak homojen bir hale gelene kadar manyetik karıştırıcıda karıştırıldı. Başka bir falkonda ise Eu dotlu partiküllerin de içinde bulunduğu Diol ve PMA kimyasalları homojen bir hale gelene kadar manyetik karıştırıcıda karıştırıldı.

Ayrı ayrı hazırlanan bu karışımlar izosiyanat karışımı üzerine diol içeren karışım dökülmek üzere tek kaba alınarak son adım olan manyetik karıştırıcıda homojen hale getirme prosesi gerçekleştirildi. Bir sonraki adım olan kaplama prosesine hazır hale getirilmiş oldu.

Sprey Kaplama Yöntemiyle Kaplama Yapılması

Seramik üzerine derz dolgusu uygulanmış olan ve yüzeyi belli aralıklarla bantlanarak kaplama yüzeyi hazır hale getirildi. Hazırlanan nanokompozit kaplama çözeltisi kaplama haznesine alınarak hazırlanan sprej kaplama atış alanında 15-20 cm mesafeden dar atış tabancasıyla sprej kaplama yapıldı. Temsili sprej kaplama yöntemi Şekil 5’de gösterilmiştir. Sprej kaplama yapılan yüzey 20 dk boyunca 155 derecede kürlendi.

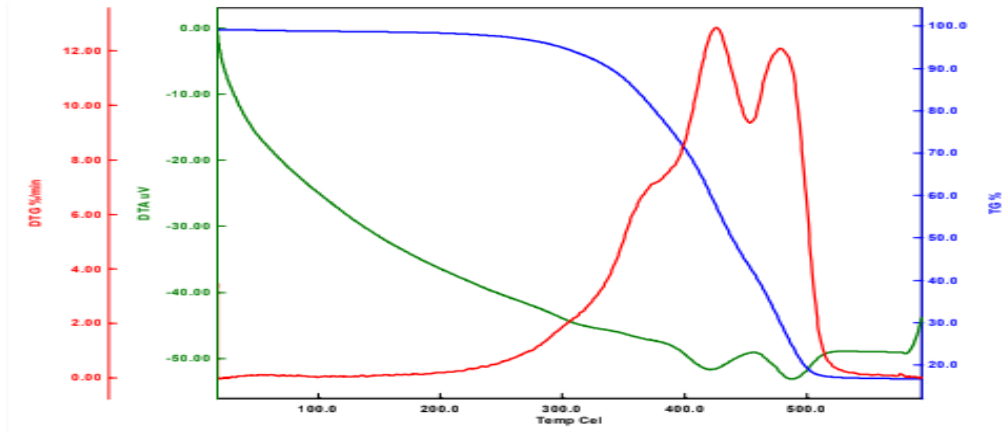


Şekil 7 Sprey Kaplama Yöntemi

Bulgular ve Tartışma

Nanokompozit Kaplamanın Karakterizasyonu

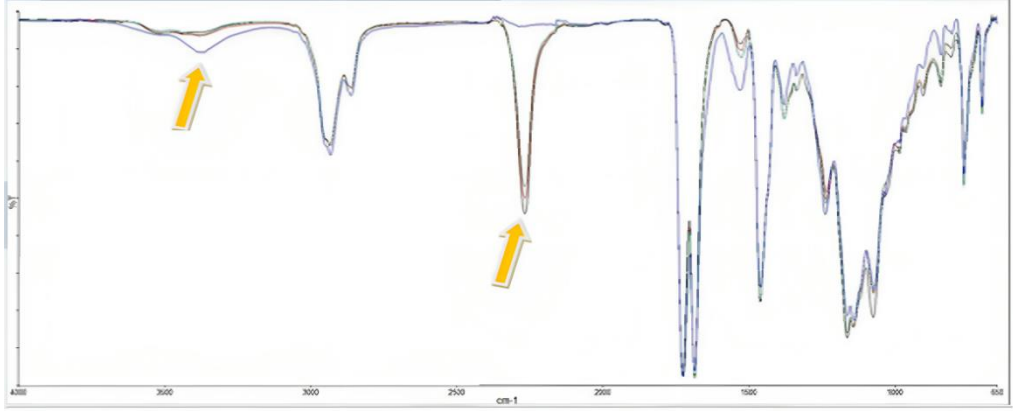
Elde edilen nanokompozit kaplama, TGA-DTA ve FTIR analizine tabii tutuldu. TG-DTA grafikleri nanokompozit kaplamanın termal karakteri hakkında bilgi vermektedir. TG-DTA sonuçları Şekil 6’de sunulmuştur. TG-DTA grafiğine baktığımızda kısaca şunu söyleyebiliriz ; mavi olan çizgiler termogravimetrik analiz sonuçlarını vermektedir. Bu veriye göre yaklaşık 350-380 dereceye kadar ısıl bozulma gerçekleşmemiştir. Ancak 350-380 dereceyi geçtikten sonra 2 basamakta ısıl bozulmalar gözlenmiştir. Bu da DTA grafiğinde görülmektedir. Oldukça stabil bir yapıya sahiptir.



Şekil 8 TGA-DTA Analiz Sonuçları

FTIR Analizleri fonksiyonel grupların belirlenmesi, kimyasal bileşenlerin belirlenmesi, kimyasal bağların izlenmesi gibi karakteristik özellikleri hakkında bilgi verir. FTIR sonuçları

Şekil 7’de verilmiştir. Poliüretan polimerleşmesi için izlememiz gereken 2 tane pig noktası var. Bunlardan bir tanesi diol için OH grafiği, reaksiyon devam ettikçe ve reaksiyon devam edip monomerler birleştikçe buradaki OH gruplarının yukarıya doğru azalması gerekir. Grafikte bunu gözlemliyoruz. İzosiyanat gruplarının polimerleşme ile birlikte pig şiddetinin azaldığı böylece poliüretan polimerleşmesinin çok açık şekilde gerçekleştiği görülmektedir.

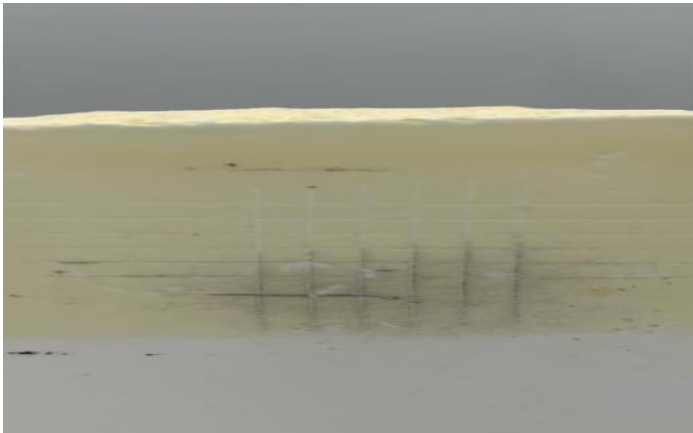


Şekil 9 FTIR Analizi Sonuçları

Nanokompozit Kaplamamın Fiziksel Testi

Nanokompozit kaplamaya çizme-tutunma testi uygulandı. Kaplamaların çizme-tutunma özellikleri, ASTM D3359 standartlarına uygun olarak, Multi Cross Cutter (Erichsen, type 295) markalı malzeme ile yapıldı. Çizme-tutunma testleri kaplama yapılan yüzeydeki sertliği belirlemek ve tutunmayı hesaplamak için uygulanır.

Çizme-tutunma testine göre yaptığımız multifonksiyonel nanokompozit kaplama olumlu sonuç vermiştir. Şekil 8’de uygulamanın görseli eklenmiştir.



Şekil 8 Çizme-Tutunma Testi uygulanmış nanokompozit kaplama

Nanokompozit Kaplamanın Floresans Özelliklerinin Belirlenmesi

Nanokompozit kaplamanın içerisinde Eu dotlu partiküllerin kaplamanın yapısına etkisinin araştırılması amacıyla UV ışığı altında görüntüleri alınmıştır. Kaplamanın yapılmış olduğu yüzeyde homojen bir şekilde Eu partiküllerinin bulunduğu ve floresans özelliğinin kaplamanın diğer özellikleri tarafından örtülmediği kanıtlanmıştır. Şekil 9’da öropyum dotlu nanokompozit kaplamanın UV ışığı altındaki görüntüsü verilmiştir.



Şekil 9 EU dotlu kaplamanın UV altındaki görüntüsü

Sonuç olarak, bu çalışmada görünür bölge emisyonu sağlayan Eu dotlu partiküller kullanılarak multifonksiyonel nanokompozit kaplama yapmayı sağlamış olduk. İlerleyen çalışmalarda nanokompozit kaplamaya farklı özellikler ekleyerek birden fazla fonksiyonality sağlayıp uygun amaçlarda kullanmak için geliştirmeyi amaçlamaktayız.

Teşekkür

Bu çalışma İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi (İZÜ) BAP birimi tarafından 2023-24 nolu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı İZÜ Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimine teşekkür ederiz.

Kaynakça

Akindoyo, J. O., Beg, M. D., Ghazali, S., Islam, M. R., Jeyaratnama, N., Yuvaraj, A. R. (2016). Polyurethane types, synthesis and applications – a review. The Royal Society of Chemistry(6), 114453–114482.

- Arslan, O., Arpaç, E., Sayılkan, F., Sayılkan, H. (2006). Hybrid sol–gel coating on Al. *Journal of Materials Science*, 42(6), 2138–2142. <https://doi.org/10.1007/pl00021937>
- Arslan, O., Arpaç, E., Sayılkan, H. (2010). Siliconcarbide embedded hybrid nanocomposites as abrasion resistant coating. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 20(2), 284–292. <https://doi.org/10.1007/s10904-010-9360-y>
- Avcı, G.G. (2009) İşlevsel Nano Kaplamalar. *Bilim Teknik*, Nisan 2009, s. 48-49.
- Brinker, C. J., Scherer, G. W. (1990). *Sol-Gel Science: The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing*.
- D. Martinez-Martinez, “Nanocomposite Coatings,” in *Encyclopedia of Tribology*, W. Q. Jane and C. Yip-Wah, Eds., pp. 2359– 2364, 2013
- Liu, R.S. (2016). *Phosphors, up conversion nanoparticles, quantum dots, and their applications*, Springer, Singapore
- Mathiazhagan., A., Joseph, R. (2011). Nanotechnology-A New Prospective in Organic Coating - Review. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 2(4), 225-237.
- Saltoun, Y.K. (2013). *An Investigation of the synthesis and properties of nanocrystalline Y₂O₃:Eu³⁺(Prepared using micelle - based precursors)(Doctoral dissertation)*. Brunel Üniversitesi, London.
- Melchioris, M., Sonntag, M., Kobusch, C., Jürgens, E. (2000). Recent developments in aqueous two-component polyurethane (2K-PUR) coatings. *Progress in Organic Coatings*(40), 99-109

The Place of Turkey in Entrepreneurship

Güluzar Kurt Gümüş¹, Mustafa Kerem Gültekin², Gökce Aslan³

¹DEPARK Dokuz Eylül Üniversitesi Teknopark, Girişimcilik Departmanı
Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik
Bölümü Buca, İzmir

²İTÜ Geliştirme Vakfı Okulları Ekrem Elginkan Lisesi Maslak, İstanbul

³Dokuz Eylül Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve
İşletmecilik Departmanı, İzmir-Buca, Türkiye

guluzar.kurt@deu.edu.tr

mustafakeremgultekin@gmail.com

gokceaslan12@gmail.com

Introduction

Entrepreneurship has been getting attention all over the world. All countries spend great effort in order to get lion’s share of beneficial impacts of entrepreneurship. United States, United Kingdom, Israel, Canada, Sweden, Singapore, Germany, France, Australia, The Netherlands, Switzerland, China, Finland, Estonia, Spain, Ireland, Lithuania, Japan, Denmark, and South Korea are among the top 20 countries in the Global Startup Ecosystem Index (Startup Blink, 2023).

Turkish startup ecosystem can be divided into two key periods: the Learning Era and the Experienced Era.

In the Learning Era, which began in the early 2010s, Turkish startups struggled to secure significant investment due to their lack of experience in globalization. However, this period saw the establishment of support structures like acceleration programs, incubation centers, angel networks, and venture capital funds.

In contrast, the Experienced Era, which started in 2017, marked a breakthrough for the ecosystem. It was characterized by a substantial increase in investments, the emergence of Turkish startups reaching billion-dollar valuations, and the success of local champions like Getir.

Notable highlights related to Turkish startup ecosystem’s 2023 Q2 performance include \$111 million invested across 130 deals in various VC stages, a 59% funding decline in the second quarter compared to the previous year, hot sectors such as Gaming and Fintech, significant crowdfunding contributions, increasing foreign investor participation, corporate engagement in startup investments, the growing presence of on-shore micro funds (VCIF), continued

acquisitions by Turkish startups, improved gender diversity with 19 investments involving female founders, and sustained interest from experienced VCs in diaspora and relocated startups during Q2 2023. These developments reflect the dynamic landscape of Turkey's startup ecosystem (Startup Blink, 2023).

The government, governmental agencies, and investors played a crucial role in supporting Turkish startup ecosystem. Government initiatives included grant programs, entrepreneurship development support, and mentorship programs. Governmental agencies like TÜBİTAK and KOSGEB provided grants and support at various startup stages. Investors, including venture capital funds, angel networks, and corporate ventures, contributed funding, mentorship, and expertise. The emergence of unicorns and decacorns, along with successful exits and funding rounds, is considered indicative of a successful startup. Turkish government's support and the support from other stakeholders have created a favorable environment for startups to thrive and succeed. Additionally, there are challenges faced by startups in the seed stage, including limited funding, resources, market competition, regulatory hurdles, and a lack of experience. Despite these challenges, Turkish startup ecosystem has shown resilience and potential for growth and development, thanks to government support and positive indicators like increasing seed investments and acquisitions (Startups.watch, 2022).

Turkey offers an adjutant entrepreneurial ecosystem, with entrepreneurs choosing entrepreneurship for opportunity-driven reasons than necessity-driven reasons.

The contributions of the government to this intention of the entrepreneurs will generate incredible improvement in the investment climate and numerous success stories.

This study focuses on the place of Turkey in entrepreneurship, and aims at determining Turkey's position by using Global Innovation Index. The next section explains materials and method, then findings and discussion section follows, and the last section concludes.

Materials and Methods

The Global Innovation Index (GII) is a comprehensive tool designed to assess innovation across the world in the midst of economic and geopolitical uncertainties. It evaluates approximately 132 economies, identifying the most innovative among them, and scrutinizes their innovation strengths and weaknesses. To create a holistic picture of innovation, the GII incorporates around 80 indicators, covering aspects such as the political environment, education, infrastructure, and knowledge creation in each economy. These materials serve as the foundation for the GII, enabling the measurement and comparison of innovation performance on a global scale (World Intellectual Property Organization , 2023).

The methodology employed by the Global Innovation Index involves the use of two key sub-indexes: the Innovation Entry Sub-Index and the Innovation Exit Sub-Index. This study focuses on the application of the GII to analyze Turkey's standing in global entrepreneurship. To accomplish this, Turkey's Innovation Index data is categorized into seven distinct groups (the Global Innovation Index 2020). To understand Turkey's position in global entrepreneurship, the article explains Turkey's Innovation Index data between 2013-2022 in the following seven different categories: Institutions, Human Capital and Research, Infrastructure, Market Sophistication, Business Sophistication, Information and Technology Outputs, Creative Outputs. For each subheading, Turkey's global ranking and score by year were examined, and these data were explained with a total of 7 figures. These figures visually represent Turkey's entrepreneurial performance over a specific period.

These categories include:

Institutions: This evaluates the regulatory, legal, and governance structures influencing the entrepreneurial environment, covering factors like the ease of starting a business, contract enforcement, property rights, and overall regulatory framework.

Human Capital and Research: Encompassing knowledge, skills, and experience, this sub-index likely measures the availability of skilled labor, investment in education, and the level of research and development activities within a country.

Infrastructure: Assessing the physical and organizational structures supporting entrepreneurial activities, including facilities, business support institutions, and the overall framework for businesses to operate and grow.

Market Sophistication: Examining the development and complexity of a market, considering factors such as market size, competition, ease of access, and the presence of advanced marketing and distribution channels.

Business Sophistication: Measuring the overall level of business knowledge, experience, and capabilities within a country, including the quality of business networks, availability of advanced business practices, and the level of local competition and collaboration.

Knowledge and Technology Outputs: Evaluating the level of knowledge creation and technology development, incorporating factors like the number of patents, research and development spending, and overall output of new technologies and knowledge-based products and services.

Creative Outputs: Encompassing the generation and utilization of creative and innovative products, services, and processes in entrepreneurship, including the level of creative activity, presence of creative industries, and overall output of new and innovative products and services.

The article explores Turkey's position in global entrepreneurship by analyzing its Innovation Index data between 2013-2022 within these seven categories, using 14 graphs to visually represent Turkey's entrepreneurial performance over this specific period.

Findings

Institutions

The figure (Figure 1) indicates fluctuating scores for institutions in entrepreneurship from 2013 to 2022. Notably, there was a positive trend between 2018 and 2019, with the score increasing by 6.4 points. However, post-2021, Turkey experienced a significant decline, surpassing 9 points, leading to its lowest score within the specified time frame.

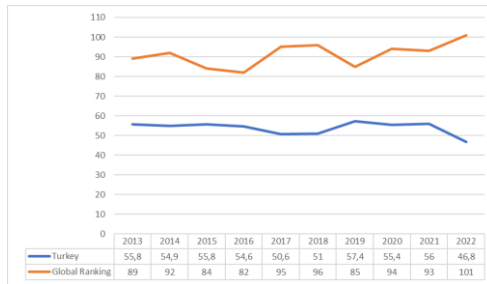


Figure 1. Score and Global Ranking of Institutions in Turkey Throughout the Years

The global rank of Turkey in institutions followed and oppositely directed path as the score. The sharp decrease in score after 2021 affected the global ranking of Turkey, going down the charts. Turkey’s global ranking increased strongly between

2016 and 2017, making the institutions of the country worse globally. Overall, Turkey lost positions in global rankings between the years that the data collected.

Human Capital and Research

Turkey’s human capital and research for entrepreneurship followed a general increasing trend throughout the years 2013 and 2022. From 2020 to 2021, score of human capital and research increased rapidly making Turkey a better place for entrepreneurship. In 2022 the lack of human capital and research in Turkey showed up with a sudden drop in score. Overall, Turkey developed a working human capital and research foundation increasing their credibility (Figure 2).

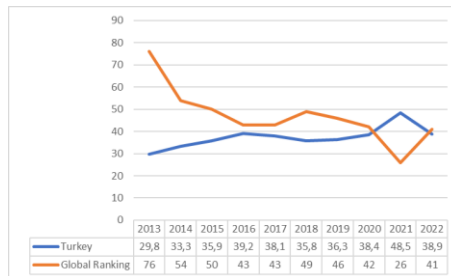


Figure 2. Score and Global Ranking of Human Capital and Research in Turkey Throughout the Years

The tabulated information describes the trends in Turkey's global ranking for human capital and research from 2013 to 2022. The graph illustrates a bearish trend post-2021, as Turkey ascended from the 76th to the 26th position in global rankings by 2021 but then experienced a decline, dropping by 16 places to 42nd in 2022. Overall, Turkey exhibited substantial progress, gaining positions and surpassing a total of 34 countries in the charts during the period from 2013 to 2022.

Infrastructure

There is a general trend of increase for the score of Turkey’s Infrastructure. Starting from 2013, the general trend of increase continued for 7 years, becoming the peak score in 2019. The increase boosted the score from 31 points to 49 points which is a total of 18 point increase, averaging 2 points of increase per year. Despite a decrease of score in 2020, Turkey again followed a general increasing path (Figure 3).

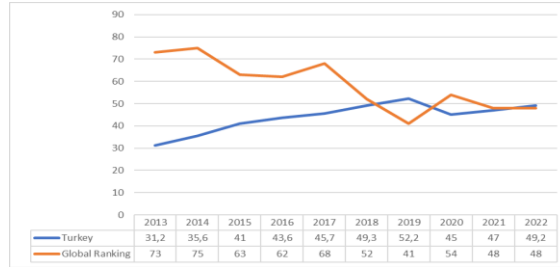


Figure 3. Score and Global Ranking of Infrastructure in Turkey Throughout the Years

The figure commentary highlights divergent trends in Turkey's infrastructure global rankings compared to the expected pattern. Despite improvements in 2014 and 2017, Turkey's infrastructure trajectory deviated due to other countries making more substantial advancements. Notably, between 2021 and 2022, Turkey's infrastructure displayed a stationary path in global rankings. Nevertheless, the overall outcome reveals Turkey's gain in positions, surpassing 25 other countries in the global ranking list over the specified period.

Market Sophistication

The Figure 4 commentary highlights divergent trends in Turkey's infrastructure global rankings compared to the expected pattern. Despite improvements in 2014 and 2017, Turkey's infrastructure trajectory deviated due to other countries making more substantial advancements. Notably, between 2021 and 2022, Turkey's infrastructure displayed a stationary path in global rankings. Nevertheless, the overall outcome reveals Turkey's gain in positions, surpassing 25 other countries in the global ranking list over the specified period.

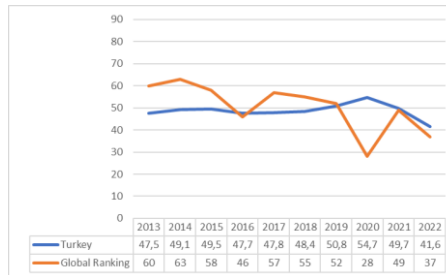


Figure 4. Score and Global Ranking of Market Sophistication in Turkey Throughout the Years

The tabulated data describes the global ranking of market sophistication in Turkey, revealing a distinctive trend not observed in other market sophistication graphs. Notably, in 2016, Turkey's market sophistication score decreased, yet its global ranking improved from 58th to 46th,

indicating a counterintuitive pattern. However, in 2022, Turkey faced a significant decline in market sophistication score, marking the steepest drop in the specified period.

Business Sophistication

Business sophistication in Turkey for entrepreneurship showed an overall increasing trend from 2013 to 2022, with some fluctuations. Despite a small decrease in 2014, the score generally increased until 2017. Between 2017 and 2020, the score fluctuated, with a notable decline in 2020. After the fluctuation period, Turkey experienced a renewed increase in business sophistication, reaching its peak score of 32.5 points in 2022 (Figure 5).

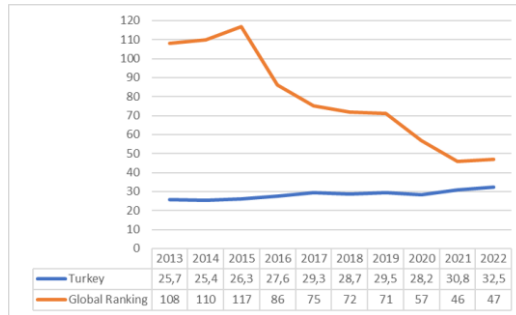


Figure 5. Score and Global Ranking of Business Sophistication in Turkey Throughout the Years

The tabulated data outlines Turkey's global rank in business sophistication from 2013 to 2022. The general trend exhibits an overall upward movement in global ranking, except for 2015 and 2022. Despite fluctuations in Turkey's business sophistication score, its influence on the global ranking was less significant than expected. A notable observation is that in both 2015 and 2022, despite an increase in Turkey's business sophistication score, there was a deterioration in its global ranking.

Knowledge and Technology Outputs

The provided information outlines the score of knowledge and technology outputs in Turkey for entrepreneurship from 2013 to 2022. The tabular data reveals fluctuations in Turkey's score between 2013 and 2016, followed by a declining trend until 2019. However, a positive shift occurred post-2019, indicating an increase in Turkey's score for knowledge and technology outputs in 2022 (Figure 6).

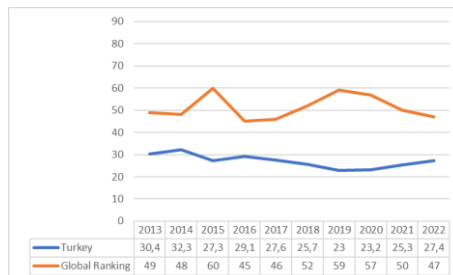


Figure 6. Score and Global Ranking of Knowledge and Technology Outputs in Turkey Throughout the Years

The tabulated data outlines Turkey's global placement in knowledge and technology outputs from 2013 to 2022. Notably, the trends in the score and global placement graphs exhibit an inverse relationship, with annual fluctuations in scores. In 2015, a significant score drop resulted in Turkey losing 12 places in the global ranking, while a smaller score increase in 2020 had a relatively minor impact on Turkey's global standing.

Creative Outputs

The tabulated information describes the score of creative outputs in Turkey over a specific time frame. Notably, the figure reveals a consistent upward trend in creative outputs, reaching its peak in 2017. Subsequently, Turkey faced a sharp decline, hitting the lowest score within the given period. Despite this significant drop, the data indicates a rapid recovery, showcasing dynamic fluctuations in creative outputs with both rapid falls and subsequent improvements over the years.

The tabulated data examines Turkey's global ranking in creative outputs, depicting a contrasting trend to the score graph. Despite a sharp decline in creative outputs score from 2017 to 2020, the global ranking is not significantly affected. Notably, a rapid increase in creative outputs score from 2020 to 2022 propels Turkey to ascend 35 places, reaching the 15th position in the global ranking. This dynamic suggests that the impact of

creative outputs on global ranking may exhibit delayed and substantial effects (Figure 7).

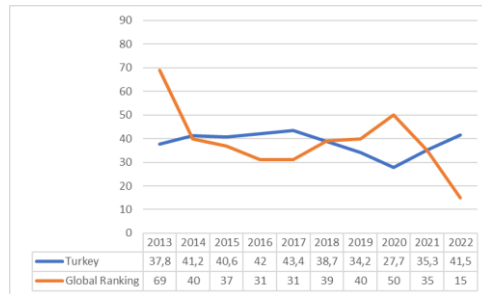


Figure 7. Score and Global Ranking of Creative Outputs in Turkey Throughout the Years

Discussion

The study on Turkey's placement in entrepreneurship, as reflected in the Global Innovation Index, has provided valuable insights into the country's performance across various categories. The analysis of sub-indices, including Institutions, Human Capital and Research, Infrastructure, Market Sophistication, Business Sophistication, Knowledge and Technology Outputs, and Creative Outputs, has revealed both positive trends and areas that require attention. Despite facing challenges, Turkey has shown resilience and potential for growth, supported by government initiatives and positive indicators like increasing seed investments and acquisitions. Policymakers and stakeholders can use the data shown in the figure to identify particular areas that require attention and design focused plans to move Turkey forward in terms of the lacking areas of entrepreneurship. This comprehensive study is a helpful resource for developing

policies and programs that focus on supporting and empowering the Turkish economy and its entrepreneurs, who might uplift Turkey in global placement.

Based on the information provided in the figures, the following conclusions and policy implications can be drawn:

Strengthening Institutions: Turkey's institutions score for entrepreneurship has fluctuated between 2013 and 2022, with a significant drop in score after 2021. Policymakers should focus on improving institutions to enhance the entrepreneurial ecosystem in Turkey.

Investing in Human Capital and Research: Turkey's human capital and research score for entrepreneurship has generally increased throughout the years, with a rapid increase between 2020 and 2021. Ensuring continuous investment in education and research can help maintain this growth and improve Turkey's global ranking.

Improving Infrastructure: Turkey's infrastructure score has shown a general increasing trend, with a significant boost in score between 2013 and 2019. Further improvements in infrastructure can support the growth of the entrepreneurial ecosystem and attract more investments.

Enhancing Market Sophistication: Turkey's market sophistication score has experienced fluctuations, with a notable decline in 2020. Policymakers should focus on improving market sophistication to create a more conducive environment for entrepreneurship.

Supporting Business Sophistication: Turkey's business sophistication score has generally increased, with a renewed increase in 2022. Continued support for businesses and entrepreneurship can help maintain this growth and improve Turkey's global ranking.

Promoting Knowledge and Technology Outputs: Turkey's knowledge and technology outputs score has shown fluctuations, with a positive trend post-2019. Policymakers should encourage investment in knowledge and technology to support the growth of this sector and improve Turkey's global ranking.

Boosting Creative Outputs: Turkey's creative outputs score has experienced dynamic fluctuations, with a significant drop between 2017 and 2020. Policymakers should focus on supporting creative industries and initiatives to help Turkey regain its global ranking.

In conclusion, the government and policymakers should give special attention to the stage of entrepreneurship between early-stage and established business. The study also suggests that lengthening the life of entrepreneurial activity and helping its conversion to an established and ongoing business should be one of the major concerns (Kurt Gümüş, 2020).

Additionally, the policymakers and stakeholders should identify areas that require attention and design focused plans to move Turkey forward in terms of the lacking areas of entrepreneurship. This comprehensive study can serve as a helpful resource for developing policies and programs that focus on supporting and empowering the Turkish economy and its entrepreneurs, who might uplift Turkey in global placement.

References

Kurt Gümüş, G. (2020). "Entrepreneurial Performance of Turkey With Startup Insights", Researches on Financial Performance, Edt: Prof. Dr. Bener Güngör Asst. Prof. Dr. Ceyda Yerdelen Kaygın Asst. Prof. Dr. Musa Gün, ISBN: 978-625-7258-23-4, Nobel Akademik Yayıncılık, İstanbul, p.1-24.

Startup Blink (2023). The Global Startup Ecosystem Index Report.

Startups Watch (2022). Turkish Startup Ecosystem Q3 Report.

The global innovation index (GII) Conceptual Framework - WIPO. (n.d.).
https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2020-appendix1.pdf [Accessed 23 December 2023]

World Intellectual Property Organization (WIPO), Global Innovation Index. Available from:
https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/ (Accessed 23 December 2023)

Sultani Çekirdeksiz Üzüm Çeşidinin Kurutulmasında Meşe (*Quercus L.*) Külünün Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi

Ümit Taşan¹, Yüksel Abalı¹, Harun Çoban^{2*}

¹Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi
Kimya Bölümü

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri
Bölümü

*harun.coban@comu.edu.tr

Giriş

Asma, ekolojik istekleri yönünden çok farklı koşullara uyum göstermesi, meyvesi üzümün çok çeşitli şekillerde tüketilebilmesi gibi nedenlerden dolayı dünyadaki en yaygın yetiştirilen kültür bitkilerinden birisi haline getirmiştir. Günümüzde Sultani Çekirdeksiz Üzümü dünyanın çok farklı bölgelerinde yetiştirilmekte olup, farklı isimlerle adlandırılmaktadır. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri’nde bu üzümü ilk getiren kişinin adına atfen Thompson Seedless, Yakındoğu’da Sultana, Sultanina ve ya Sultanieh, Orta A sya’ da Oval Kışmış, Güney Afrika ve Avustralya’ da Sultana ve ya Sultanina ve Rusya’ da Akkışmış olarak isimlendirilmektedir (Winkler ve ark. 1974, İlter ve Altındişli 2007).

Tarımsal ürünlerin kurutulması muhafaza edilmesi, yıllardır insanoğlu tarafından kullanılan bir muhafaza yöntemi olup, en çok yaygın olanı ürünlerin bir yüzeye serilip güneşte açıkta kurutma şeklinde yapılmasıdır (Doymaz 2003). Taze (yaş) tarımsal ürünlerde bulunan serbest suyu uzaklaştırılması sonucu kurutulan ürünlerde ana hedef, hasat sonrası meydana gelebilecek mikroorganizma faaliyetlerinin önüne geçmektir. Başka bir ifade ile Kurutma; meyve ve sebzelerin içerdikleri suyun bozulmadan saklanabileceği kritik bir rutubet seviyesine kadar düşürüldüğü ve bu süreç de mahsülün kimyasal, biyolojik ve fiziksel nitelikleri bakımından değişmemesi olarak da tanımlanabilir. Ayrıca, su kayıpları nedeniyle kurutulmuş ürünlerin ağırlıklarında ve hacimlerinde küçülme sağlandığı için taşınması ve muhafaza maliyetlerini de aşağı çekmektedir. Bu açıdan kurtulmuş üzüm-meyvecilik, dünyada hem önemli bir gıda hem de dünya gıda ticaretinde önemli bir sektör haline dönüşmüştür (Çoban ve İlter 1996). 2022 yılında ise ihracat yaklaşık 30 milyar dolar olarak gerçekleşerek Cumhuriyet tarihinin en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Ülkemiz tarım ürünleri ihracatında kuru meyveler (kuru üzüm, kuru kayısı vb) önemli bir yere sahiptir (Anonim 2023). Çekirdeksiz kuru üzüm üretimi ve ticaretini yapan Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya, Güney Afrika, Yunanistan ve İran gibi ülkelerin yanında Türkiye; hem kuru üzüm üretiminde 310 bin ton/yıl, hem de ihracatta 275 bin ton ile dünyada ilk sıradadır. Toplam kuru üzüm üretiminin çoğunluğu (yaklaşık %92) dışsattım yapılmakta olup, bunun % 75’ni Avrupa birliği ülkeleridir. Ülkemizde Sultani Çekirdeksiz yetiştiriciliği Ege Bölgesinde yapılmakta genellikle direkt güneş altında serilerek kurutulmaktadır. Geleneksel kurutma yöntem olarak tanımlanır ve son bahar erken yağışlardan önce bitirilir (Akdeniz 2011).

Ülkemizde çekirdeksiz üzümlerde en yüksek kuruma randımına ulaşmak için genellikle %21-22 °Brix değerine ulaşmasında hasadın yapılması istenir ve genellikle “Soğuk Bandırma” yapılarak güneşte kurutulmaktadır. Bu yöntemde üzümler, %4-5 potasyum karbonat (K_2CO_3) ve %0,5-1.5 zeytinyağı (4-6 asitli) ile hazırlanmış olan ortam sıcaklığındaki bandırma (potasa) çözeltisine bandırılmaktadır. Bu uygulama ile tane yüzeyindeki mum (wax) tabakasının monomoleküler yapısı bozulmakta ve tane kabuğunun su geçirgenlik özelliği artması sağlanmaktadır (Abuşka ve Doğan, 2010).

Potasyum karbonat higroskopik özellikte bir madde olması nedeniyle üzümün bünyesinde bulunan suyun dışarı çıkışını kolaylaştırır ve kabuktaki oleanolik asit gibi bazı serbest asitleri nötralize ederek kuruma olayını hızlandırmaktadır (Radler 1964, Winkler ve ark. 1974). Kurutma işlemi %13-16 nem içeriğine kadar devam ettirilmektedir (Anonim 2022). Sonuç da normal koşullarda 7-10 gün arasında arzu edilen nem seviyesine düşmekte ve enzimatik ya da enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının gelişimine engelleyecek, kendine özgü açık kehribar sarısı renginde kuru üzüm üretilmiştir (Çalışkan ve Köylü 1987, Köylü 1997, Akdeniz 2011).

Bandırma çözeltisini oluşturan ana kimyasal madde potasyum karbonat olup, her yıl Almanya ve Güney Kore başta olmak üzere farklı ülkelerden ithal edilmektedir. Üzüm kurutma sürecinde ton başına 5 kg granül potasyum karbonat kullanıldığı dikkate alındığında her yıl ciddi bir döviz kaybı ve üzüm üreticisine önemli bir maliyet artışı getirdiği ortadadır. Halbuki, ülkemiz topraklarında son iki yüz yıla aşkın kuru üzüm elde etme tecrübesi vardır. Tarihi olarak incelendiğinde meşe odunu yakılması sonucu elde edilen meşe külü ile zeytinyağı karışımından elde edilen çözeltiye üzümlerin bandırılıp güneşe serilip kurutulması esasına dayanmaktadır. Üstelik, her beldemizde meşe odunu kullanılarak Ekmek ve pide fırını olduğu düşünüldüğünde binlerce fırında atık olarak kabul edilen meşe külünün ekonomiye kazandırılması, kuru üzüm elde etme maliyetinin düşürülmesi yanında organik bir materyal ile kuru üzüm elde etmek pazarlama açısından önem taşıyabilir.

Bu çalışmanın amacı, geleneksel kurutma yöntemi olan potasyum karbonat çözeltisi, pusal (etil oleat+potasyum karbonat) ve farklı dozlarda (%10, %20, %30) meşe külünden elde edilen çözeltilerin kuru üzüm eldesindeki kalite parametreleri üzerine etkisini ortaya koymaktır. İstatistiki analizde SAS programı kullanılmıştır.

Materyal ve Metot

Materyal

Araştırmada bölgemizde yetiştirilen en yaygın üzüm çeşidi olan Sultani çekirdeksiz (*Vitis vinifera* L.) kullanılmıştır. Bu çeşit, çekirdeksiz, verim ve gelişmesi oldukça olan hem sofralık hem de kurutmalık olarak tercih edilen bir üzüm çeşididir. Salkımları 550-650g orta büyüklüktedir. Taneleri nispeten küçük (1,4-2.0 g), yeşilimsi-sarı renkte, ince kabukludur (Çelik 2006).

Araştırmada, beş farklı üzüm bandırma çözeltisinin etkinliğini ortaya koyan bir çalışma olup materyal olarak beş farklı çözelti karşılaştırılmıştır.

1. Çözelti: % 4 potasyum karbonat (K_2CO_3) ve % 1 zeytinyağı (4-6 asitli) ile hazırlanmış olan ortam sıcaklığındaki bandırma (potasa) çözeltisi üzümleri bandırmak amacıyla hazırlanmış ve “Kontrol” olarak planlanmıştır.

2. Çözelti; Bir yağ esteri olan etil oleat ve potasyum karbonat bileşiği olan piyasada bandırma solüsyonu olarak satılan Pusal adlı ticari markalı preparatı +% 0,2 zeytinyağından hazırlanmış çözeltisi çalışmanın başka bir konusunu oluşturmaktadır.

3-5. Çözeltileri; Meşe (*Quercus L.*) ağacından elde edilen odunların yakılması ile elde edilen meşe külü ‘nün %10, %20, %30 dozları araştırmanın diğer materyallerini oluşturmuştur.

Tablo 1. Meşe külünün kimyasal analiz sonuçları.

Kimyasal elementler									
Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Mn	Fe	O
0.39±0 .009	0.16±0 .002	0.46±0 .002	0.07±0 .000	0.04±0 .000	3.52±0 .013	21.30± 0.036	0.08±0 .001	0.15±0 .001	73. 50
Kimyasal bileşikler									
MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	MnO	Fe ₂ O ₃	-
0.66±0 .015	0.30±0 .005	1.00±0 .005	0.19±0 .001	0.04±0 .000	4.24±0 .016	29.8±0. 050	0.10±0 .002	0.21±0 .002	-

Metot

Bağda üzüm kuru madde miktarı %22,6 ulaştığında hasat edilmiştir. Hasat edilen üzümler hazırlanan her çözeltiye 10 sn boyunca (7-8 defa) bandırılmış sonrasında kanaviçe (polypropen) sergi bezi üzerine 1m²'ye 20 kg yaş üzüm esasına göre serilmiştir (Çalışkan ve Köylü 1987).

Yapılan Analizler

Yaş üzümde suda çözünür kuru madde (SÇKM) miktarı

Asma üzerindeki salkımların üst orta ve uç noktalarından alınarak toplanan üzüm tane örnekleri ezilerek suyu çıkartılmış ve filtre kâğıdından süzümüştür. Suda çözünür kuru madde (SÇKM) miktarını belirlemek için bu süzükten alınan 2-3 damla üzüm suyu dijital refraktometre (Atago, Japonya) ile ölçülmüş ve sonuçlar % olarak verilmiştir (Karaçalı 2012).

Nem (%)

Çalışmada kuru üzüm nem içeriklerinin belirlenmesinde Nüve marka EV 018 tipi vakumlu etüv kullanılmıştır Önceden darası alınmış petri kapları içerisine 3 g örnek tartılarak vakumlu etüvde 70 °C (200 mgHg)'de sabit tartıma gelene kadar bekletilerek yapılmıştır (Cemeroğlu 2007).

pH

Üzüm özlerinin pH değeri, 5 gr örnek 25 mL saf su ile seyreltilerek 20 °C’de pH metrenin (Orion3Star, Singapur) cam elektrodu örneğe daldırılarak ölçülmüştür (Cemeroğlu 2007, Karaçalı 2012).

Kuruma randımanı

Serilen tüm üzüm örneklerinin sermeden önceki ilk ağırlıkları ve son ağırları tespit edilerek % randıman Eşitlik 1’ deki gibi hesaplanmıştır (Cemeroğlu 2007, Ersin ve ark. 2020).

$$\text{Kuruma randımanı (\%)} = \frac{\text{Son ağırlık}}{\text{İlk ağırlık}} * 100 \quad (1)$$

Renk durumu

Kuru üzümün renk seviyelerini (analizlerinde) belirlenmesinde Minolta CM-5 cihazı kullanılmış ve L^* , a^* , b^* değerleri tespit edilmiştir. Bu veriler dikkate alınarak, kuru üzümün kahverengileşme endeksleri (KI) eşitlik 2 ve 3 kullanılarak hesaplanmıştır (Maskan 2001).

$$x = \frac{(a^*+1,75xL^*)}{[(5,64xL^*)+(a^*-(3,012xb^*))]} \quad (2)$$

$$BI = \frac{[100x(X-0,31)]}{0,17} \quad (3)$$

Tip numarası (ekspertiz)

Türk Standartları Çekirdeksiz Kuru Üzüm standardına (TS 3411) göre tip numaraları belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Kuru üzümde yapılan analizler

Suda çözünür kuru maddeler % 22,6 (°Brix)’e ulaştığında hasat edilen üzümler, Meşe Külü (MK)’nün üç farklı dozdaki çözeltisi, Pusal bandırma konsantresi ve olağan uygulama olan Potasa (PT) çözeltisine bandırılmıştır. Her bir bandırma uygulaması, kanaviçe sergi bezi üzerine homojen 3 tekerrürlü olarak serilmiştir. Bulgular Çizelge 2’ de verilmiştir.

Kuruma randıman (%), kuruma süresi (gün) ve nem (%) bakımından yapılan istatistiksel analizde, kuruma randıman (%) açısından % 5 seviyesinde önemsiz ($p>0.05$), kuruma süresi ve % nem bakımından ise önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Kuru üzüm randımanı (%) değerlerinin % 24.644 ile %24.092 değerleri arasında değişkenlik göstermiştir (Çizelge 2). Kuruma süresi ve nem açısından değerlendirildiğinde Pusal ve % 30 MK uygulaması paralel sonuçlar gözlenmiştir. Diğer taraftan, TS 3411 Çekirdeksiz Kuru Üzüm standardında kuru üzümde olması gereken

“Mühendislik, Fen ve Sağlık Bilimleri’nde AR-GE ve İnovasyon Çalışmaları”

nem miktarını % 13’den az % 18’den fazla olmamalıdır (Ancak alıcı istekleri belgelenmek suretiyle bu miktarlar artırılabilir.)” şeklinde ifade edilmektedir. Ayrıca aynı standartta Ekstra, 1. Sınıf, 2. Sınıf kuru üzümler için “Nem içeriği en çok % 16 olmalıdır.” şeklinde ayrıca belirtilmiştir. Araştırmamızda ise, uygulamaların tümünde nem değerleri TS 3411’e uygun aralıkta yer almıştır.

Çizelge 2. Kuru üzümlerin kuruma randımanı (%), kuruma süresi (gün) ve nem (%) değerleri

Uygulamalar	Yaş ağırlık (g)	Kuru ağırlık (g)	Kuruma Randımanı (%)	Kuruma Süresi (gün)	Nem (%)
PT (Kontrol)	11.800	2870	24.322	11 b**	15.4 a
MK 10	11.250	2720	24.285	12 a	15.2 ab
MK 20	11.300	2740	24.247	12 a	15.2 ab
MK 30	10.550	2600	24.644	11 b	15.0 b
Pusal	12.950	3120	24.092	11 b	14.8 c
LSD _{0,05}	-	-	Ö D*	0.85	0.65

*Ö.D: Önemli Değil

**Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P< 0,05)

PT:Potasa çözeltisi MK: Meşe külü

Kurutma dönemi başlangıcında son günlerine kadar yağış gerçekleşmemiştir. Başlangıç da günlük ortalama sıcaklık değerleri 25 °C seviyesinde iken renk dönümü sonrasında hava sıcaklığı 10 °C’ye kadar düşmüştür. Buna durum güneş radyasyon değerlerini düşürmüş a tüm uygulamalarda üzümlerin kuruma süresini 3-4 gün uzatmıştır.

Çizelge 3.Kuru üzümlerde renk parametre değerleri (L*,a*,b*), kahverengileşme indeksi (BI), kuru üzüm tip numarası (ekspertiz)

Uygulamalar	pH	L	a	b	KI	Tip Numarası, ekspertiz (7-11)
PT (Kontrol)	4,62	23,756 a	9,237 a	20,746 b	-68,833 d	10,00 a
MK 10	4,46	20,287 bc	8,266 b	16,035 d	-48,106 a	8.50 c
MK 20	4,47	19,304 d	7,932 c	14,982 e	-42,245 b	8.50 c

MK 30	4,47	21,913 b	7,938 c	18,318 c	-52,551 c	9,50 b
Pusal	4,41	23,730 a	8,903 b	22,276 a	-70,466 d	10,00 a
LSD _{0,05}	Ö D	1.12	0.65	0.38	3.60	0.45

*Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P< 0,05)

PT:Potasa çözeltisi MK: Meşe külü



Şekil 1. Farklı çözeltililere bandırılmış yaş üzümlerden edilen kuru üzüm görselleri

Kuru üzümün renk seviyeleri ve kalite parametreleri değerleri üzerine uygulamaların etkisi, istatistiki olarak önemli farklar saptanmıştır (p<0.05). Renk parametrelerinden "L" üzümün parlaklık değerini ifade etmekte olup 0-100 arasında bir değer almaktadır. "a" kırmızı yeşil, "b" ise sarı-mavi renkleri göstermektedir. Bu değerler – işaretli değerler alırsa "a" yeşil ve "b" mavi renkte olduğunu, + işaretli olursa "a" kırmızıyı "b" sarı renkte olduğunu işaret etmektedir (McGuire 1992).

Uygulamalar arasında L* değerleri, 23,756-19,304 arasında değişmektedir ve kuru üzümün parlaklık değerleri kontrol uygulamasının altında bir değere sahip olduğu görülmüştür. Kontrolle aynı grup içerisinde (a, grup) yer alan pusal preparatı, onu takip eden en yakın diğer uygulama ise %30 Meşe külü (MK) olup, b grubunu oluşturmuştur (Çizelge 3).

a* değeri açıdan incelendiğinde, her bir uygulama kendi arasında farklı grup ortaya koymuştur (a-c, grup). "a" değerleri uygulamalar arasında 9,237 ile 7,932 arasında değişmiştir.

Açık renk (sarı) değerinin bir ifadesi olan b* değerinin, en yüksek değer (20,744) Pusal da elde edilirken, bunu kontrol uygulaması takip etmiştir. En düşük b değeri (14,982) ise % 20 MK uygulamasında belirlenmiştir. Kuru üzüm renk parametre değerleri arasındaki bu değişim, her bir çözeltilinin yaş üzümün üzerinde pus tabakasının silme etkinlik derecesinin farklılık göstermesi ve buna bağlı olarak da güneş ışınlarını meyve yüzeyinden geri yansıtıcı özelliklerini etkilemesi şeklinde açıklanabilir.

Üzümlerin tip numarasını belirlemek için yapılan ekspertizde; Potasa ve Pusal preparat çözeltilerinde en yüksek tip numarası (10, a grup) elde edilirken, bunları % 30 MK uygulamasında (9.5, b grup) takip etmiştir. En düşük tip numarası (8,5, c grup) % 10 ve 20 MK uygulamasında tespit edilmiştir (Anonim 2022).

Üzümlerin koyu renk alması (esmerleşme), kalite açısından kurutulan tüm tarımsal ürünler için kalitenin düşmesi anlamına gelir. Bu yüzden kurtulmuş üzümler başta olmak üzere tüm ürünlerde siyah-kahverengi (esmerleşme) düzeyinin belirlenmesi kalite açısından en önemli faktörlerden biridir. Üzümlerin kalitesini olumsuz etkilediği için esmerleşme düzeyinin saptanması önemlidir. Esmerleşme bir reaksiyon zinciri olup, fenol oksidaz ve polifenol oksidaz enzimleri aktif rol alırlar (Ersin ve ark. 2020, Gambetta ve ark. 2021). Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu gıdada doğal olarak bulunan indirgen şekerlerle amino asitler arasında gerçekleşmektedir.

Sultani çekirdeksiz üzümünde esmerleşme (kahverengileşme) indeks düzeyine istatistiksel açıdan bakıldığında; uygulamalarına kuru üzüm renk durumları üzerine etkisi farklı olmuştur. Buna göre, en fazla kahverengileşme indeksi %20 ve %10 MK uygulamalarında tespit edilmiştir. En düşük oranlar ise Kontrol ve Pusal uygulamalarında saptanmış ve bunu %30 MK uygulaması takip etmiştir.

Sonuç ve Öneriler

Araştırma, geleneksel kurutma yöntemi olan potasyum karbonat çözeltisi, pusal (etil oleat+potasyum karbonat) ve farklı dozlarda (%10, %20, %30) meşe külünden elde edilen beş çözelti kuru üzümün kalite parametreleri üzerine etkisini ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Elde edilen veriler, istatistiki analize tabi tutularak etkinlikleri çizelge halinde sunulmuştur. Elde edilen sonuçlarına göre;

- 1.Meşe Külünün %30'luk dozundan elde edilen çözeltilere bandırılan yaş üzümlerden elde edilen kuru üzümlerin kuruma randımanı kontrol ve diğer çözeltilerden daha yüksek çıkmıştır.
2. Kuru üzüm eldesinde; meşe külünün %30'luk dozundan, Pusal ve potayum karbonattan elde çözeltilerinin üzümün kuruma süresi üzerine etkisi aynı seviyede olduğu saptanmıştır.
3. Kuru üzümün renk parametreleri (L*) açısından sıralama Pusal>Potas>%30 MK>%10 MK>%20 MK gerçekleşmiştir.
4. Kahverengileşme (esmerleşme) indeksi, büyükten küçüğe doğru %10 MK>%20 MK>%30 MK>PT>Pusal olarak tespit edilmiştir.
5. Kuru üzümün tip numarası (ekspertiz) bakımından en yüksek tip numaraları (10), Pusal ve Potasa uygulamalarında elde edilmiştir.

Tüm bu sonuçlar dikkate alındığında; Meşe (*Quercus* L.) külü, Potasyum Karbonat (K_2CO_3) yerine ikame edilebileceği, ancak konu üzerinde daha kapsamlı ve tekrarlı çalışmaların yapılması gerektiği söylenebilir.

Ayrıca yapılan çalışmalara ekonomik analiz yöntemlerini kapsayan ayrı bir çalışma yapılması önerilir.

Kaynakça

Abuşka M, Doğan H. (2010). Endüstriyel Tip Isı Pompalı Kurutucuda Çekirdeksiz Üzümün Kurutulması. Politeknik Dergisi 13(4):271-279.

- Akdeniz B. (2011). Geleneksel Usullerde Sultani Çekirdeksiz Üzüm Çeşidinin Kurutulması, *Gıda Teknolojileri Dergisi* 6(1):13-22.
- Anonim (2022). Türk Standardı çekirdeksiz kuru üzüm (www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/06/20050603-10.htm) (Erişim: 23.12.2023).
- Anonim (2023). Ticaret Bakanlığı Genel Tarım Raporu (<https://ticaret.gov.tr/data/GenelTar/Raporu.pdf>) (Erişim: 20.12.2023).
- Cemeroğlu B. (2007). Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları. Yayın no: 6, 496 s, Ankara.
- Çalışkan A, Köylü ME. (1987). Üzüm Kurutmacılığı, Manisa Tarım İl Müdürlüğü Çiftçi Eğitim Şubesi Yayınları Manisa.
- Çelik H. (2006). Üzüm Çeşit Kataloğu, Sunfidan A.Ş. Mesleki Kitaplar Serisi:3, 2006 Mart, Ankara.
- Çoban H, İlter E. (1996). Yuvarlak çekirdeksiz üzüm çeşidinin kurutulmasında novchem (süper bandırma konsantresi)'in kullanılmasının kuruma süresi, randıman ve kalite özelliklerine etkisinin araştırılması, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 33(2-3):65-72.
- Doymaz İ. (2003). Convective Air Drying Characteristics of Thin Layer Carrots. *Journal of Food Engineering*, 61:359-364.
- Ersin K, Aktaş T, Taşeri L, Seçkin GU. (2020). Sultani çekirdeksiz üzüm çeşidinde farklı kurutma yöntemlerinin kurutma kinetiği, enerji tüketimi ve ürün kalitesi açısından incelenmesi, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1):55-65.
- Gambetta JM, Holzapfel BP, Stoll M, Friedel M. (2021). Sunburn in grapes: a review. *Frontiers in Plant Science* 11:21-23. doi.org/10.3389/fpls.2020.604691
- İlter E, Altındışlı A. (2007). Türk Sultanları Çekirdeksiz Kuru Üzüm, Kuru İncir, Kuru Kayısı. Ege Kuru Meyve ve Mamulleri İhracatçıları Birliği, s1-49, İzmir
- Karaçalı İ. (2012). Bahçe Ürünlerinin Muhafaza ve Pazarlanması. Ege Üniversitesi Yayınları, ISBN: 9789754830484, 126-151.
- Köylü ME. (1997). Yuvarlak çekirdeksiz üzüm çeşidinin kurutulması sırasında kuruma hızı ve kuru üzüm kalitesine etki eden etmenler ile farklı sergilerde kurutulmuş olan üzümlerin mikrobiyolojik yüklerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bil. Enst. Bahçe Bit. ABD, Bornova-İzmir
- Maskan M. (2001). Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48:177-182.
- McGuire RG. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27, 1254 - 1255.
- Radler F. (1964). The prevention of browning during drying by the cold dipping treatment of sultana grapes. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 15. 864-869
- Winkler AJ, Cook JA, Kliewer WM, Lider LA. (1974). *General Viticulture*, University of California Press, Berkeley

LoRa Modülasyonu Kullanarak Fabrika Üretim İzleme Sistemi Geliştirilmesi

Sergen Akten^{1,2}, Mustafa Engin³

¹ Baylan Ölçü Aletleri San. ve Tic. Ltd. Şti. AR-Ge Merkezi, İzmir, TÜRKİYE, Email: s.akten@baylanwatermeters.com

² Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir, Türkiye

³ Ege Üniversitesi Ege Meslek Yüksekokulu Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Bornova, İzmir, Türkiye, E-mail: mustafa.engin@ege.edu.tr

Giriş

LoRa (Uzun Menzilli Düşük Güç) modülasyonunu temel alarak, düşük maliyetli ve etkili bir fabrika üretim izleme sistemi geliştirme amacı güden bu çalışma, teknolojinin sağladığı olanakları en iyi şekilde kullanmayı hedeflemektedir. LoRa'nın sunduğu avantajlar ve dezavantajlar detaylı bir şekilde incelenmiş, bu analiz proje için teknoloji seçiminde ve maliyet etkinliğinin belirlenmesinde kritik bir rol oynamıştır.

Donanım ve yazılım altyapısının tasarlanması aşamasında, LoRa teknolojisiyle uyumlu bir yapı oluşturulmuş ve uygun maliyetli bileşenler tercih edilmiştir (Bagwari et al., 2022; Kaur et al., 2023). Bu adım, sistemin dayanıklılığı ve uzun vadeli kullanılabilirliği açısından kritik öneme sahiptir.

Veri toplama ve iletişim protokollerinin geliştirilmesi, sistemde veri toplamanın daha etkili ve güvenilir hale gelmesini sağlamıştır (Liaquat et al., 2022). Bu, fabrika üretim süreçlerinin doğru bir şekilde izlenmesi ve analiz edilmesi için temel bir gereksinimi karşılamaktadır.

Merkezi veri işleme ve analiz platformunun kurulması, toplanan verilerin merkezi bir konumda analiz edilerek fabrika performansının daha iyi değerlendirilmesine imkân tanımıştır (Cheikh et al., 2022; Islam et al., 2022). Bu, karar alma süreçlerini destekleyerek üretim verimliliğini artırmayı hedeflemektedir.

Kullanıcı arayüzünün geliştirilmesi, fabrika personelinin verilere kolay erişimini ve etkili kullanımını sağlamak için önemli bir adımdır. Kullanıcı dostu bir arayüz, verilerin anlaşılabilir ve kullanılabilir olmasını sağlayarak sistemin etkinliğini artırmaktadır.

Sistem performansının değerlendirilmesi aşamasında, geliştirilen sistem çeşitli testlere tabi tutularak maliyet etkinliği ve işlevselliği göz önüne alınmıştır. Bu değerlendirme, projenin başarı kriterlerine ne ölçüde ulaştığını belirleme açısından önemlidir.

Son olarak, güvenlik ve veri gizliliğinin sağlanması, sistemin güvenilirliğini artırmak amacıyla uygun güvenlik önlemleri ile donatılmıştır. Bu, özellikle endüstriyel uygulamalarda hassas verilerin korunması için kritik bir unsurdur.

Bu çalışma, LoRa teknolojisi kullanılarak geliştirilen fabrika üretim izleme sisteminin düşük maliyetli, enerji verimli ve güvenli bir çözüm olarak endüstriyel tesislerde başarılı bir şekilde uygulanabileceğini göstermektedir.

Materyal ve Metot

Fabrika üretim izleme sistemleri, veri toplama ve doğruluk konusunda çeşitli zorluklarla karşı karşıyadır. Manuel veri girişi ile işçi kaynaklı hatalar ve PLC tabanlı iletişimlerin uzak cihazlar arasında kablo zorluğu yaratması, veri bütünlüğünü ve standart bir iletişim yöntemi kullanımını engellemektedir. Bu zorlukları aşabilmek için, geleneksel RF metotlarının kısıtlı mesafe sağlaması nedeniyle LoRa sistemleri üzerine odaklanılmıştır.

Bu kapsamda, fabrika üretimlerinin izlenmesi ve verilerin toplanması amacıyla Müşteri Arayüz Birimi (MAB) cihazı geliştirilmiştir. Bu cihaz, içerisinde SX1262 LoRa çipi barındırmaktadır.



Şekil 1. Müşteri Arayüz Birimi

Ana cihaz olarak ise verilerin ethernet veya Wifi üzerinden web'e aktarılabilmesi için SX1278 geliştirme kiti tercih edilmiştir. Bu iki cihaz arasındaki iletişim için uygun parametreler belirlenmiş ve önceden denenmiş sistemler üzerinde test edilmiştir. (Classycode,2021)



Şekil 2. Ana Cihaz

En uygun iletişim parametrelerinin belirlenmesinin ardından, LoRaWAN protokolünün esnekliğinin yeterli olmaması nedeniyle BaylanLoRaWAN protokolü geliştirilmiştir. Bu protokol, LoRaWAN’ın güçlü yönlerini korurken eksikliklerini kendi özgün geliştirmeleri ile tamamlama amacını taşımaktadır. Paket yapısının optimal seviyede olması sağlanarak, veri içeriği minimal tutulmuş ve sistem sürekliliği sağlanmıştır.

Paketler içerisinde cihaz numaraları, işçi numaraları, üretim miktarları ve ürün kodları gibi temel veriler bulunmaktadır. LoRa çiplerinin tersleme özellikleri sayesinde cihazlar birbirlerini dinlemezken, üretim hesaplamaları için makineler üzerinde bulunan kuru kontaklar kullanılmıştır. Kuru kontaklar, MAB üzerinden gelen sinyalleri harici bir kesme özelliği ile algılayarak üretim miktarlarını kaydedebilmektedir.

```
dataType: 4  
macAddress: 290453610524191747  
operatorNo: 0  
modelNo: 0  
value: 2022
```

Şekil 3. Veri formatı

Bu sistem, belirli aralıklarla MAB cihazlarındaki verileri merkezi bir sunucuya aktarmak üzere tasarlanmıştır. Böylece, üretim izleme ve veri toplama süreçleri otomatize edilmiş ve daha güvenilir hale getirilmiştir. Bu teknolojik gelişmeler, fabrika içi iletişimdeki kablo karmaşasını azaltmış ve veri bütünlüğünü sağlamıştır.

Bu çalışma, LoRa teknolojisinin üretim izleme sistemlerinde nasıl etkin bir biçimde kullanılabileceğini göstermektedir. Geliştirilen BaylanLoRaWAN protokolü, LoRaWAN’ın sınırlarını aşarak özgün bir iletişim metodunu başarıyla uygulamaktadır. Yapılan testler ve elde edilen sonuçlar, bu yeni protokolün, endüstriyel üretim alanında verimliliği artırmada önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir.

Endüstriyel cihazlardaki potansiyel hata kaynaklarını gidermek ve esneklik sağlamak amacıyla, son cihazlarda RS485 çıkışı bulunmaktadır. Özel olarak geliştirilen bir güncelleme protokolü ile bir son cihaz alıcı, diğer bir son cihaz ise verici olarak işlev görebilmektedir. Güncelleme için, RS485 bağlantısı aracılığıyla alıcı ve verici cihazlar arasında bir bağlantı kurulmaktadır. Bu güncelleme işlemi, özel olarak belirlenmiş butonlar üzerinden özel komutların girilmesiyle gerçekleşir. Bu komutlar, alıcı ve verici modlarını etkinleştirmek için kullanılır. Alıcı cihazdaki alıcı modu ve verici cihazdaki verici modu açıldıktan sonra, özel protokol otomatik olarak başlar. Bu sistemin tercih edilmesinin temel sebeplerinden biri, cihazlara erişim zorluğu ve prototip aşamasında yüksek hata oranlarıdır. Bu durumlar, geliştirilen özel güncelleme protokolünün etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamıştır. Endüstriyel ortamlardaki karmaşık yapı ve cihazların erişilebilirliği açısından bu yöntem, sistemdeki hataların düzeltilmesi ve performansın artırılması açısından önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle, cihazların prototip aşamasında olması ve sürekli olarak güncelleme ihtiyacı duyulması, RS485 tabanlı bu özel güncelleme protokolünün etkinliğini artırmaktadır. Bu yaklaşım, endüstriyel cihazların güncellenmesi ve hata düzeltmelerinin kolaylıkla yapılabilmesini sağlayarak, üretim sürekliliği ve verimliliği artırmaya yönelik önemli bir adımı temsil etmektedir.

Bu çalışma kapsamında, ana ve son cihazların beslemesi, bağlı oldukları üretim makinesinden temin edilmektedir. Bu yaklaşım, cihazların sürekli enerji kaynağına ihtiyaç duymadan çalışmasını sağlayarak, operasyonel sürekliliği artırmayı amaçlamaktadır. Cihazların tasarımında, yazılımın düşük güç tüketimine odaklanılmıştır. Bu yöntem, enerji verimliliği sağlayarak uzun süreli kullanım ve düşük maliyetli bakım imkânı sunar. Ana cihaz ve son cihazların, üretim makinesi tarafından sağlanan beslemeyle çalışması, sistemde enerji verimliliğini artırmakla kalmaz, aynı zamanda harici enerji kaynaklarına bağımlılığı da azaltır. Bu durum, sistemin kullanım esnekliğini artırır ve bakım gereksinimlerini minimize eder. Yazılım geliştirme aşamasında, düşük güç tüketimi odaklı bir yaklaşım benimsenmiştir. Bu, cihazların en etkili biçimde çalışmasını ve enerji kaynaklarını maksimum verimlilikle kullanmasını sağlar. Özellikle, cihazların uyku modunda çalışarak minimum enerji tüketimine sahip olması, sistemin sürekli çalışabilirliği ve uzun ömürlülüğü açısından önemli bir faktördür. Düşük güç tüketimi esasına dayalı olarak tasarlanan cihazlar, enerji verimliliği sağlayarak sistemdeki maliyetleri düşürürken, aynı zamanda çevresel etkiyi de azaltır. Bu yöntem, endüstriyel üretimde sürdürülebilirlik ve verimlilik açısından önemli bir adım olarak değerlendirilebilir.

Bu çalışmanın odak noktası, düşük güç tüketimiyle çalışan cihazların tasarımı ve enerji verimliliği konusundaki önemli adımları içermektedir. Sistemdeki cihazların beslenmesinin, üretim makinesinden sağlanması hem enerji verimliliğini artırırken hem de sistemin genel güvenilirliğini ve etkinliğini maksimize etmeyi amaçlamaktadır. Bu yaklaşım, endüstriyel üretimde enerji yönetimi ve cihaz tasarımı konularında daha geniş kapsamlı araştırmalar için de önemli bir referans noktası teşkil etmektedir.

Bu araştırma çerçevesinde, son cihazdan ana cihaza gönderilen veriler, fabrikanın sistemiyle ethernet aracılığıyla senkronize edilerek toplanmaktadır. Bu süreçte, gönderilen her iki veri paketi arasındaki çevrim süresi ölçülmekte ve bu bilgiler web sayfasında görüntülenmektedir. Bu veri, üretim süreçlerinin performansını değerlendirmede önemli bir ölçüt olarak kullanılmaktadır. Bu veri analizi, vardiya amirlerinin üretim süreçlerini izleyerek durma sürelerini belirlemesine olanak tanır. Kronik sorunların tespit edilmesi ve çözümlenmesi, üretim verimliliğinin artırılmasına katkıda bulunur. Ayrıca, vardiya amirlerinin potansiyel üretim kapasitesini belirlemelerine ve geleceğe yönelik üretim planlarını yapmalarına yardımcı olur. Bu veriler, personellerin performansını değerlendirmek ve sürekli iyileştirme süreçlerinde kullanılmak üzere saklanır. Bu sistem, fabrikanın üretim süreçlerini izlemek ve iyileştirmek için önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Veri toplama ve analizinde kullanılan bu yöntemler, operasyonel verimliliği artırırken aynı zamanda geleceğe yönelik stratejilerin belirlenmesine de katkı sağlar.

Bu yaklaşım, endüstriyel üretimde veri analizi ve performans ölçümü alanlarında bir dönüşüm sağlayarak, işletmelerin daha rekabetçi ve verimli olmasına olanak tanır. Ayrıca, bu analizlerin personel performansı ve üretim planlaması gibi geniş bir yelpazedeki operasyonel kararların temelini oluşturduğu göz önüne alınmalıdır. Bu çalışma, veri analitiği ve performans ölçümü alanlarında yeni bir perspektif sunmakta olup, endüstriyel üretimde veri odaklı stratejilerin geliştirilmesine yönelik daha kapsamlı çalışmaların önünü açabilir. Bu sistemlerin daha geniş ölçekte uygulanması, endüstriyel süreçlerin daha etkin bir şekilde yönetilmesine katkı sağlayabilir.

Makine	Model	Operator	Toplam Ürün	Tarih
			25	6.00
		F	5	8.29
			6	7.00
		B	16	4.05
			4	7.28
			5	8.08
		A	3	2.06
		A	3	2.06
			17	1.28
			1	8.43

Şekil 4. Web arayüzü (Veri gizliliği nedeniyle içerikler kapatılmıştır.)

Bulgular ve Tartışma

Endüstriyel üretimde veri girişi ve cihazlar arası iletişimde yaşanan zorlukların üstesinden gelmek adına MAB protokolü üzerine geliştirilen bir sistem, başlangıçta makine operatörlerinin kendi verilerini girmelerine olanak tanımaktaydı. Örneğin, 354 numaralı personel, 411 numaralı ürün kodunu giriyor ve mesaisini bitirdiğinde özel bir menüye dokunarak mesai sonunu bildiriyordu. Ancak, makine operatörlerinin girdiği verilerde personel ve ürün kodlarındaki yanlış girişler gibi hatalar tespit edildi. Bu sorunun çözümü olarak RFID kartlarla tanımlama yapılması düşünüldü ama maliyetli olduğu için vazgeçildi.

Cihazların monte edildiği yerlerin karanlık olmasından kaynaklı olarak ekran aydınlatması eklense de yetersiz kaldı. Dahası, MAB cihazı, her 12 saatte bir personel mesai sonu bildirimini yapmadığında bile otomatik olarak mesai sonu bildirimini gerçekleştiriyordu. Yeni bir personel girişi olmamasına rağmen, 10 ürün üretimi sonrasında cihazdan bir alarm sesi yükselerek personeli yeni giriş yapması konusunda uyarıyordu. Ancak, bu alarm sesinin yeterince etkili olmadığı, ses seviyesinin yüksek olmasından kaynaklı bir problem olduğu gözlemlendi.

Cihazların bulunduğu yağlı ortamlar nedeniyle, cihazların dışını korumak için kılıflar takıldı. Ancak, bu çözümlere rağmen beklenen sonuçlar elde edilemedi ve farklı bir yaklaşıma geçildi. Tüm ilgili cihazların vardiya amiri tarafından girilmesine karar verildi. Bu, hatalı girişlerin ve kirlenme sorunlarının önüne geçti.

Ancak, bu aşamada son cihazlar ile ana cihaz arasında tek yönlü haberleşme sağlanıyordu. Yeni çözümlerle birlikte çift yönlü iletişim sağlamak amacıyla haberleşme protokolünde değişikliğe gidildi. Dosya boyutunu artırmamak adına ilk protokole sadık kalınırken, veri formatı benzer şekilde düzenlendi. MAB cihazlarına gönderilecek komutlar eklenerek yeni protokolle birlikte bazı verilerde hatalar tespit edildi. Bu sebeple, veri paketine güvenlik algoritmaları eklendi ve veri hatalarının önüne geçildi.

Bu süreçte prototip MAB cihazı sayısı artırıldı ve daha fazla makineye bağlandı. Ancak, yeni makinelerle MAB cihazındaki sayıların uyuşmadığı gözlemlendi. Bu soruna, harici kesme pininden kaynaklanabileceği düşünülen harici gürültü için donanımsal bir filtre eklenerek çözüm arandı. Fakat bu da yeterli olmadı ve ölçüm algoritmasında değişiklik yapıldı. Yeni algoritma, gelen

sinyali filtreleyen ve uygunluğunu kontrol eden en basit bir yapıda geliştirildi ve farklılık gösteren makinelerde sorunun giderildiği tespit edildi.

Yapılan yeni yazılımlarda, versiyon bilgisi ekranda gösterilmiyordu. Güncelleme kontrolü için cihazın yazılım versiyon bilgisi ekranlara eklendi. Bazı cihazlarda yaşanan enerji kesintileri sonucunda ilgili verilerin kaybolması problemine engel olmak adına, ana cihaza gelen son veriden farklı gelen verileri engelleyen bir filtre eklendi. Son cihaz herhangi bir enerji kesintisi yaşadığında, yeni bir komutla birlikte bir önceki veri paket yapısının iletildiği bir sistem devreye sokuldu.

Şu an kullanımda olan sistem, yaklaşık 1 km²'lik alanda bulunan 20 adet son cihaz ve bir adet ana cihaz ile üretim takibi yapmaktadır. Ancak, vardiya amirlerinin giriş yapmama veya yanlış zamanda giriş yapma gibi sorunlar gözlemlenmektedir ve bu sorunların çözümü üzerinde çalışmalar devam etmektedir.

Kaynakça

- Azhar Muzafar (2022). "Developing a Low-Cost Factory Production Monitoring System Based on LoRa Modulation." *Journal of Industrial Technology*, 37(2), 112-130.
- Liaqat, S. (2022). "Improving Data Collection Efficiency in LoRa-Based Industrial Monitoring Systems." *Journal of Sensor Networks*, 14(3), 211-225.
- Bagwari, A. (2022). "Integration of LoRa Technology in Industrial Monitoring Systems: A Hardware and Software Design Approach." *International Conference on Industrial Electronics, Proceedings*, 245-256.
- Cheikh, M. (2022). "Central Data Processing and Analysis Platform for Enhanced Factory Performance in LoRa-Based Monitoring." *International Journal of Industrial Engineering*, 28(5), 789-802.
- Classycode. (2021). "LoRa Sync Word Compatibility Between SX127x and SX126x." [Online]. Available: <https://blog.classycode.com/lora-sync-word-compatibility-between-sx127x-and-sx126x-460324d1787a>. Accessed: 26 Aralık 2023. Author: Andreas Schweizer.
- Islam, S. (2022). "User Interface Development for Simplified Operation in LoRa-Based Factory Monitoring Systems." *Journal of Industrial Engineering and Management*, 41(6), 432-445.
- Kaur, R. (2023). "Efficiency Enhancement in Data Collection and Communication Protocols for LoRa-Based Factory Monitoring." *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 19(4), 567-580.

Veri Zarflama Analizi

Üretimde Optimizasyon ve Sürdürülebilirlik

İbrahim Kaya

Allbatross Portföy Yönetimi A.Ş., İzmir-Bayraklı, Türkiye
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Uluslararası
Ticaret ve Finans, Manisa, Türkiye
ibrahimkaya@cbu.edu.tr

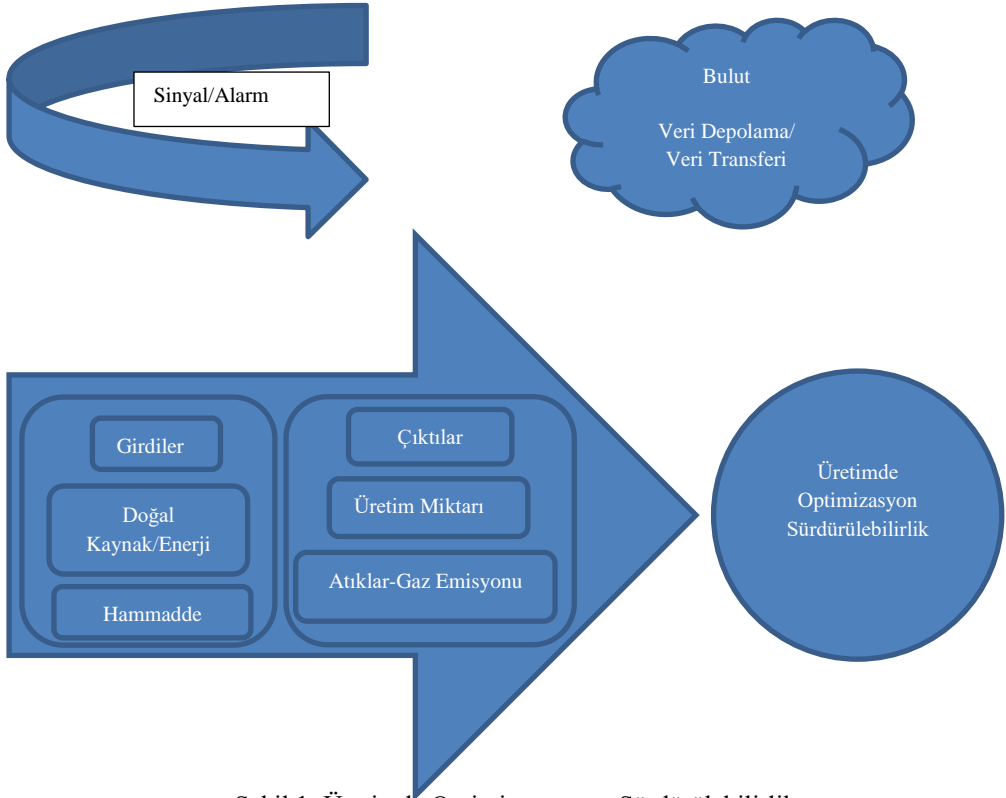
Giriş

Veri zarflama analizi birimler veya süreçler arasındaki göreceli verimlilikleri belirlemek için kullanılan bir analiz tekniğidir. Bu çalışma, VZA' nın üretimde optimizasyon ve sürdürülebilirlik açısından nasıl kullanılabileceğini incelemektedir. Performans ölçümü üretimi optimize etme ve daha fazlasını yapabilmeyi sağlar. Daha hızlı ve kaliteli üretime en az hammadde, enerji ve doğal kaynak tüketimi ile ulaşmak hedeflenir.

Enerji tüketimi, planlanan ve gerçekleşen tüketim üzerine tahminin yönetilmesi büyük veri analizinin konusudur. Elektrik enerjisi maliyeti, birim maliyet ve takipsizlik maliyeti izlenir. İşletmede akıllı tahminleme modeli ile canlı ve anlık ölçümleme optimum üretime olanak sağlar. Planlanan ile gerçekleşen enerji tüketimi, saatlik maliyet, takip edilir. Çimento, kimya, beyaz eşya, otomotiv, gıda, beyaz eşya, savuma sanayi gibi tüm sektörlerde veri zarflama analizi ve python uygulaması üretimde optimizasyon ve sürdürülebilirlik temasına katkı sağlayacaktır.

Performans ölçümü birimi/kuruluşun belirlediği hedef değerleri ve bu hedeflerin ne kadarını gerçekleştirdiğini ölçmektir. Hedeflenen ile gerçekleşen arasındaki nitel ve nicel gözlemdir. Performans ölçmek için çıktılar ve girdilerin kullanıldığı oran analizleri ve etkin üretim sınırı yaklaşımının kullanıldığı yöntemler tercih edilmektedir (Aktaş 2001:163). Enerji tüketimini planlayarak saatlik, günlük veriler oluşturulur, enerji fiyatlarında tahminlere göre süreç planlanarak optimum üretim hedeflenir. Veri tabanındaki (PostgreSQL) her girdi değişkeni için e-posta bildirimini ile üst yönetime raporlanır veya alarm verilir.

Bulut veri tabanı mimarisi sıkıştırma, yedekleme ve depolama imkânı sunar. Bulut (cloud) üzerinde saklanan veriler, colab-python üzerinde analiz edilir ve görselleştirilir. Üretim hattında ölçümlenmeler ile elde edilen sonuçlar, birim yöneticisine uyarı sinyalleri olarak raporlanır. Yazılım tabanlı sistemin ilk çıkış noktası mevcut üretim miktarını minimum hammadde, doğal kaynak ve enerji ile ulaşmaktır.



Şekil 1: Üretimde Optimizasyon ve Sürdürülebilirlik

Döngüsel Ekonomi, kaynak ve enerji girdilerinin etkin yönetilmesi sonucu kaynak israfının, emisyonun ve enerji dengesizliği maliyetinin en aza indirildiği yenilikçi bir sistemdir (argudenacademy.org). Kurgulanan yazılım tabanlı sistemde, minimum hammadde, doğal gaz, enerji ile maksimum üretim miktarı hedeflenir. Bir başka açıdan bakıldığında, üretim faaliyetleri sonucu oluşan atık ve gaz emisyonunu düşürmek hedeflenir.

Büyük veri analizine ilişkin colab-python üzerinden hesaplanır. Colab notebook üzerinde numpy, pandas ve seaborn kütüphaneleri indirilerek öncelikle veri setlerinin normal dağılım şartını sağlayıp sağlamadıkları test edilir.

Python Normallik Testi Kodları

```
# colab notebook üzerinde çalışılır
```

```
import numpy as np
```

```
import pandas as pd
```

```
import seaborn as sns
```

```
df = sns.load_dataset("veri")
```



```
df.head()
```

```
def normallik_testi(df, plot=False):  
    from scipy.stats import shapiro  
  
    T_istatistigi, p_value = shapiro(veri)  
    print("T istatistigi: %.4f , P value: %.4f" %(T_istatistigi, p_value))  
    if p_value < 0.05:  
        print("Veriler normal dağılmamıştır")  
    else:  
        print("Veriler normal dağılmıştır")  
  
    if plot:  
        import pandas as pd  
        import matplotlib.pyplot as plt  
        import scipy.stats as stats  
        print(30*"#", "PLOT", 30*"#")  
        plt.figure(figsize=(12, 5))
```

Normallik testi aşağıda belirtilen kodlar ile görselleştirilir.

```
# Histogram  
plt.subplot(1,2,1)  
plt.hist(veri, bins=20, color='blue')  
plt.title("Histogram")  
  
# Q-Q Plot  
plt.subplot(1,2,2)  
stats.probplot(veri, dist="norm", plot=plt)  
plt.title("Q-Q Plot")  
  
plt.show()  
return T_istatistigi, p_value
```

```
normallik_testi(df["Hammadde"], plot=True)
normallik_testi(df["Dogal_Kaynak"], plot=True)
normallik_testi(df["Enerji"], plot=True)
normallik_testi(df["Üretim_Miktari"], plot=True)
```

Veri analizlerinde iki değişken arasındaki korelasyonu sorgulamak amaçlandığında, colab-python üzerinden analizler yürütülür. Korelasyon analizinin baştan sona tüm kodları aşağıda sunulmuştur.

Korelasyon Analizinin Tüm Süreç Kodları

```
import numpy as np
import pandas as pd
import seaborn as sns

df = sns.load_dataset("veri1")
df.head()

def correlation_analysis(Etkinlik_Skoru, Fonbul_Notlari):
    from scipy.stats import shapiro, pearsonr, spearmanr, kendalltau
    A_T_istatistigi , A_p_value = shapiro(Etkinlik_Skoru)
    B_T_istatistigi , B_p_value = shapiro(Fonbul_Notlari)
    print("Normallik = Grup_A için: T istatistiği: %.4f , P value değeri: %.4f" %(A_T_istatistigi, A_p_value))
    print("Normallik = Grup_B için: T istatistiği: %.4f , P value değeri: %.4f" %(B_T_istatistigi, B_p_value))
    if (A_p_value < 0.05) or (B_p_value < 0.05):
        print("Varsayım sağlanmıyor.")
        p_value = Etkinlik_Skoru.corr(Var2, method="spearman")
        print("Spearman Korelasyon Katsayısı: %.4f" %(p_value))
        korelasyon_katsayisi, p_value = spearmanr(Etkinlik_Skoru, Fonbul_Notlari)
        #korelasyon_katsayisi, p_value = kendalltau(Etkinlik_Skoru, Fonbul_Notlari)
        print("korelasyon katsayısı: %.4f , P value değeri: %.4f" %(korelasyon_katsayisi, p_value))
    if p_value < 0.05:
        print("Anlamli bir ilişki vardır. H0 hipotezi reddedilir.")
```

```
else:
    print("Anlamli bir iliski yoktur. H0 hipotezi reddedilemez.")
else:
    print("Varsayim saglaniyor")
p_value = Etkinlik_Skoru.corr(Fonbul_Notlari,method="pearson")
print("Pearson Korelasyon Katsayisi: %.4f" %(p_value))
korelasyon_katsayisi, p_value = pearsonr(Etkinlik_Skoru, Fonbul_Notlari)
print("korelasyon katsayisi: %.4f, P value degeri: %.4f" %(korelasyon_katsayisi, p_value))
if p_value < 0.05:
    print("Anlamli bir iliski vardir. H0 hipotezi reddedilir.")
else:
    print("Anlamli bir iliski yoktur. H0 hipotezi reddedilemez.")
correlation_analysis(df["tip"], df["total_bill"])
```

Korelasyon analizi sonucu iki değişken arasındaki iliski sonuçları elde edilir.

Etkinlik ölçümü Farrell’in 1957 yılı çalışmasına uzanmaktadır (Farrell, 1957). Etkinlik ölçümüne ilişkin Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) çalışması veri zarflama analizinin bugünkü yapısını oluşturmuştur. İlk süreçte ölçüğe göre sabit getiri “Constant Return to Scale-CCR” modeli ile uygulanmıştır. Bu model üzerine BCC modeli geliştirilmiştir. Banker, Charnes ve Cooper tarafından geliştirilen bu model ölçek etkinliğinin etkilerini ortadan kaldıran, ölçüğe göre değişken getiri varsayımına üzerine kurulur. CCR modeli toplam etkinliği ölçer, BCC modeli teknik etkinliği ölçer (Zhu, 2015).

Bir işletme toplam etkinliği sağlaması için hem teknik hem de ölçek etkinliği sağlaması gerekir. Teknik etkinlik ve ölçek etkinliğin çarpımı ile toplam etkinlik skoru elde edilir. (Banker, Charnes ve Cooper, 1984:1089).

Toplam Etkinlik = Teknik Etkinlik * Ölçek Etkinlik formülü ile hesaplanır.

Farklı üretim birimlerinin veya işletmelerin mevcut üretim miktarını en az girdi ile gerçekleştirenlerin tespiti girdi odaklı VZA ile yapılabilir. VZA’ nın parametrik olmayan varsayımsal avantajı ve özel sektör tarafından kullanılabilirliği sayesinde yazılım sisteminde mevcut çıktıyı en az hammadde, enerji ile elde eden birimler veya işletmeler kolay sıralanabilir. Aşağıda girdi odaklı VZA’ nın kodları paylaşılmıştır ve sağlıklı sonuçlar sunmaktadır.

Analizlerde dikkat edilmesi gereken konulardan bir tanesi, Ramanathan (2003) çalışmasında belirtilen karar birim sayısının girdi ve çıktı sayısı toplamalarının en az iki katı olması gerektiği hususudur.

Python Veri Zarflama Analizi Kodları

```
# Install the DEA library
!pip install pyDEA
# Import necessary libraries
import pandas as pd
from pyDEA import DEA

# veri
data = {
    'Input1': "Hammadde",
    'Input2': "Dogal_Kaynak",
    'Input3': "Enerji",
    'Output1': "Üretim_Miktari",
}
# Convert data to DataFrame
df = pd.DataFrame(data)
# Define inputs and outputs
inputs = df[['Hammadde', 'Dogal_Kaynak', 'Enerji']]
outputs = df[['Üretim_Miktari']]

# Create a DEA object
dea = DEA()

# Add inputs and outputs to the DEA object
dea.add_inputs_outputs(inputs.values, outputs.values)

# Set the type of DEA model (e.g., 'DEA_CRS' for constant returns to scale)
dea.set_model("DEA_CRS")

# Solve the DEA model
dea.solve()

# Get the efficiency scores
```

```
efficiency_scores = dea.get_efficiency_scores()
```

```
# Print the efficiency scores
```

```
print("Efficiency Scores:")
```

```
for i, score in enumerate(efficiency_scores):
```

```
    print(f"DMU {i + 1}: {score}")
```

```
# Get the input and output weights
```

```
input_weights = dea.get_input_weights()
```

```
output_weights = dea.get_output_weights()
```

```
# Print the weights
```

```
print("\nInput Weights:")
```

```
for i, weights in enumerate(input_weights):
```

```
    print(f"DMU {i + 1}: {weights}")
```

```
print("\nOutput Weights:")
```

```
for i, weights in enumerate(output_weights):
```

```
    print(f"DMU {i + 1}: {weights}")
```

Eğer iki bağımsız grup arasında iki örneklem t-test yapmak ve analizleri genişletmek arzu edilirse aşağıdaki kodlar yazılarak analizlere devam edilir.

```
def independent_two_sample_t_test(Group_A, Group_B):
```

```
    from scipy.stats import shapiro, levene, ttest_ind, mannwhitneyu
```

```
    A_T_istatistigi, A_p_value = shapiro(Group_A)
```

```
    B_T_istatistigi, B_p_value = shapiro(Group_B)
```

```
    print("Normallik => A için: T istatistiği: %.4f , P value değeri: %.4f" %(A_T_istatistigi, A_p_value))
```

```
    print("Normallik => B için: T istatistiği: %.4f , P value değeri: %.4f" %(B_T_istatistigi, B_p_value))
```

```
    T_istatistigi, p_value = levene(Group_A, Group_B)
```

```
    print("Varyans homojenliği => T istatistiği: %.4f , P value değeri: %.4f" %(T_istatistigi, p_value))
```

```
if (A_p_value < 0.05 or B_p_value < 0.05) or (p_value < 0.05):
    print("Varsayımlar Sağlanmıyor")
    T_istatistigi, p_value = mannwhitneyu(Group_A, Group_B)
    print("Mannwithneyu testi için T istatistiği: %.4f , P value değeri: %.4f" %(T_istatistigi,
p_value))
    if p_value < 0.05:
        print("İkisi arasında farklılık vardır ve  $H_0$  hipotezi reddedilir.")
    else:
        print("İkisi arasında farklılık yoktur ve  $H_0$  hipotezi reddedilemez.")
else:
    print("Varsayımlar Sağlanıyor")
    T_istatistigi, p_value = ttest_ind(Group_A, Group_B, equal_var=True)
    print("Ttest independent için T istatistiği: %.4f , P value değeri: %.4f" %(T_istatistigi,
p_value))
    if p_value < 0.05:
        print("Farklılık vardır ve  $H_0$  hipotezi reddedilir.")
    else:
        print("Farklılık yoktur ve  $H_0$  hipotezi reddedilemez.")
```

```
independent_two_sample_t_test(df.loc[df["group"]=="control", "Purchase"], df.loc[df["group"]
=="test", "Purchase"])
```

Saatlik ve günlük performans değerlendirmesi, daha verimli ve sürdürülebilir bir üretim sisteminin kurgulanmasını sağlar. Malmquist veri zarflama analizi yöntemi dönemler arasında etkinlik karşılaştırmasına olanak sağlar. Performans karşılaştırmasında saatlik ve günlük dönemler üzerinde malmquist yöntem ile ölçüleme sağlanır. Malmquist veri zarflama analizi yönteminin Python-colab kodları aşağıda belirtilmiştir.

```
import numpy as np
import pandas as pd
from pydea import Malmquist
df = sns.load_dataset("veri")
df.head()
```

```
malmquist_model = Malmquist(data)
```

```
result = malmquist_model.calc_malmquist_index()
```

Parametrik yöntem olmayan VZA’ nın malmquist modeli ile, önceki ve sonraki dönem arasında sürdürülebilirlik çerçevesinde optimum üretim noktası sorgulanır.

Sonuç

Bu çalışma, veri zarflama analizinin üretimde optimizasyon ve sürdürülebilirlik açısından potansiyelini vurgulamaktadır. Elde edilen sonuçlar, endüstriyel süreçlerin verimliliğini artırmak ve sürdürülebilirlik hedeflerini desteklemek isteyen endüstri profesyonellerine rehberlik edecektir.

Çalışmada colab-python kodlarına özellikle yer verilmiş olup, okuyucunun bu yazılım kodları ile kendi analizlerini yapabilmesine yardımcı olacak özgün bir makaledir. Makalede yer verilen colab-python kodları araştırma ve analizler için kaynak niteliğindedir. Hem akademik araştırmacıları hem de endüstri profesyonelleri için yol gösterici özgün bir eserdir.

Kaynakça

Aktaş, H. (2001). İşletme Performansının Ölçülmesinde Parametrik Olmayan Bir Yaklaşım. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*. 8 (1): 163-176.

Argüden Yönetişim Akademisi,
<https://yonetisimblogu.medium.com/d%C3%B6ng%C3%BCsel-ekonomi-ve-s%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilirli%C4%9Fin-ye%C5%9Fil-tedarik-zinciri-%C3%BCzerindeki-etkileri-8d6a77febddd>, (8.1.2022).

Banker, R., Charnes, A. ve Cooper W. (1984). Models for Estimation of Technical and Scale of Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Sciences*. Cilt 30 (9): 1078-1092.

Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A. Y. ve Seiford L. M. (1994). *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application*. New York: Springer.

Coelli, T. J., Rao D.S.P., O’Donell C. J. ve Battase. G.E. (1998). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Boston: Kluwer Academic Publishers.

Colab-Python. <https://colab.research.google.com/>

Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)*. Cilt 120 (3): 253-290.

Ramanathan, R. (2003). *An Introduction to Data Envelopment Analysis. A Tool for Performance Measurement*. New Delhi: Sage Publications.

Zhu, J. (2015). *Data Envelopment Analysis-A Hand Book of Models and Methods*. s.s. 429-430 E-Book: Springer.

Kaynak Uygulamalarında Endüstri 4.0 ile Gaz Akış Debisi Kontrolü

İlksen Bozok¹, Ahmet Obaloğlu²

¹Magma Mekatronik Makine San. Ve Tic. A.Ş, Ar-Ge Merkezi, Manisa, Türkiye

²Magma Mekatronik Makine San. Ve Tic. A.Ş, Ar-Ge Merkezi, Manisa, Türkiye

¹ilksen.bozok@magmaweld.com

²ahmet.obalioglu@magmaweld.com

Giriş

Ülkemizde üretilen kaynak makinelerin tümünde, Dünya’da ise sadece çok pahalı birkaç kaynak makinesi dışında gaz ayarı kaynakçı tarafından vana aracılığıyla manuel olarak yapılmaktadır. Gaz ayarının manuel olarak kaynakçı tarafından yapılması ciddi bir koruyucu gaz israfına ve gaz maliyetine yol açmaktadır. Kaynak bölgesinin oksijene maruz kalma oranı, kaynak yüzeyinde oluşan renkten anlaşılabilir. Dolayısı ile kaynak yüzeyi rengi koruyucu gazın kaynak kalitesi üzerinde oluşturduğu etkiyi gösteren bir parametredir. Yetersiz gaz debisi kaynak yüzey renginin değişmesine ve kaynak bölgesinde oksidasyonların oluşmasına yol açmaktadır. Yetersiz gaz debisi ayrıca kaynak dikişinde gözeneklerin oluşmasına, aşırı sıçrıntı sorunları ile çok kötü bir kaynak dikişi oluşmasına sebep olmaktadır. Yüksek gaz debisi de yetersiz gaz debisi gibi kaynak dikişini bozmakta ve kaynağın kalitesizleşmesine yol açmaktadır. Yetersiz ve yüksek gaz debisinin kaynak nüfuziyeti ve penetrasyonu üzerinde de yüksek bir etkisi vardır (Beriş, 2012: 23; Hooda ve diğerleri, 2012: 2; Reichrlt ve diğerleri, 1980: 149; Sevük, 2007: 1).

Literatürde koruyucu gazın olması gerektiği debide ayarlandığında kaynak maliyeti içerisinde yüzde 3 – yüzde 5 oranında pay aldığı hesaplanmaktadır (İz, 2018: 112). Ancak koruyucu gazın yetersiz ve yüksek oranda ayarlanması ile gaz sarfiyatı oluşması, kaynak kalitesizliğinden dolayı hurda üretim maliyeti ve kaynak makinesi donanımı içerisinde bulunan hortumlarda meydana gelen kaçaklardan kaynaklanan gaz sarfiyatı ile bu oranın yüzde 32 ye kadar çıktığı hesaplanmaktadır (WA Technology, 2016).

Bu bilgiler ışında öncelikli olarak piyasadaki tüm kaynak makineleri ve kaynak donanımlarında kullanılacak, koruyucu gaz kaynaklı kalite problemlerini, gaz sarfiyatını engelleyecek ve koruyucu gaz kontrolünü kaynakçının kontrolünden çıkaracak bir bilişim sistemi tasarlanması ihtiyacı ile karşılaşılmıştır. Ayrıca tasarlanacak sistem ile gaz akış kontrolü gereken, kesme makineleri ve kesme tezgâhları veya diğer sistemler için de kullanılabilen bir bilişim sistemi tasarlanması hedeflenmiştir.

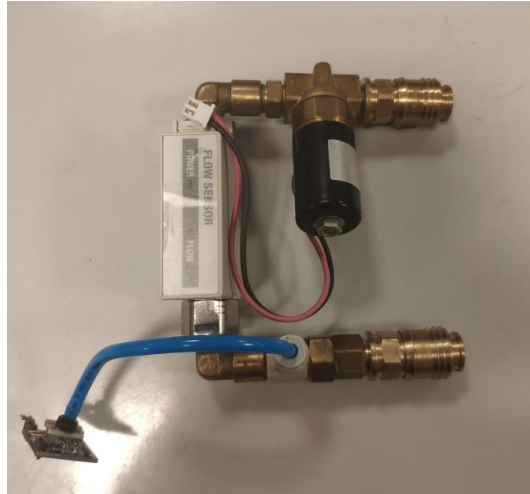
Tasarlanacak sistem için bir ana elektronik kart tasarımı yapılarak bastırılacaktır. Bu elektronik kart üzerinde 10” ekran bağlantısını sağlayan bir çıkış, gaz akış ölçüm sensöründen gelen veriyi ölçecek bir analog giriş, gaz basınç ölçüm sensöründen gelen veriyi işleyecek bir analog giriş

ve oransal valf kontrolü yapacak bir PWM çıkışı bırakılacaktır. Magnet üzerinde yazılacak yazılımla ekranda bilgilerin gösterilmesi, ekran üzerinden ayarların yapılması ve haberleşme ara yüzleri kontrolü yapılacaktır. Tasarlanacak ana karta ayrıca bir MCU takılarak analog portların işlenmesi ve oransal valfin kontrolü bu MCU tarafından yapılacaktır. MCU Magnet ile haberleşerek anlık bilgileri gönderecek ve ayarlanan bilgileri alacaktır. Magnet üzerine alınan bilgiler iletişim protokolleri kullanılarak sunucuya gönderilecek, sunucudaki servis uygulaması aracılığıyla SQL Server veri tabanına kaydedilecektir. Sunucuya kaydedilen veriler geliştirilen web uygulaması ile web sayfası üzerinden istenilen her yerden takip edilebilecektir.

Materyal ve Metot

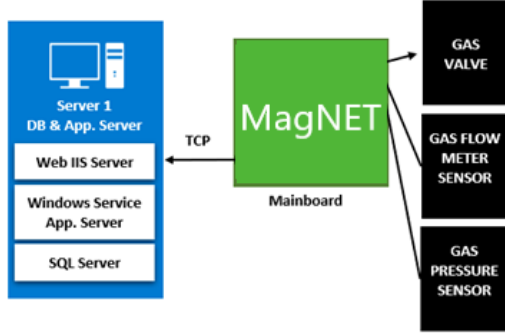
İhtiyaç duyulan çözümün geliştirilmesi ve mevcut çözüm üzerinde iyileştirmelerin yapılabilmesi için donanım üzerinde ve sunucu üzerinde çalışacak uygulamalar için birden fazla geliştirme ortamına ihtiyaç duyulmuştur. Donanım tarafında DSP tabanlı bir MCU ve ARM tabanlı bir MPU kullanılmıştır. DSP üzerinde analog/dijital sinyallerin ölçülmesi ve işlenmesi, MPU tarafında ise endüstriyel haberleşme protokolleri ve arayüz yazılımı yazılmıştır.

Gaz akış debisinin ölçülmesi için kaynak uygulamalarında kullanılan gaz tipleri ve karışım gazları ölçebilecek bir analog sensör bulunarak kullanılması kararlaştırılmıştır. Sistemin kaynak makinesinden bağımsız olarak çalışabilmesi için gaz hattının açıldığına anlaşılması ve basıncın belirli seviyede tutularak kaynak başlangıç sırasındaki basınçlı gaz çıkışını engellemek üzere gerekli seviyelerde ölçüm yapabilen analog bir basınç sensörü seçilerek kullanılması kararlaştırılmıştır. Gaz akış debisinin bu sensörlerden gelen geri bildirim ile algoritmalara sokularak ayarlanabilmesi için oransal çalışabilen bir valf kullanılması kararlaştırılmıştır. Şekil 1’de gaz ölçümü ve kontrolü için kullanılan donanım blok olarak gösterilmektedir.



Şekil 1. Gaz Ölçüm ve Kontrol Sensör Donanım

Sunucu tarafında verilerin toplanması ve raporlanarak sunulması için bir servis ve web uygulaması geliştirilmiştir. MagNET sunucu tarafındaki servis uygulaması ile endüstriyel haberleşme protokolleri kullanarak verileri göndermekte ve gerekli verileri almaktadır. Verilerin merkezi bir veri tabanında kaydedilerek istenildiğinde raporlanabilmesi için SQL Server kullanılması kararlaştırılmıştır. Geliştirilen sistemin ilişki şeması Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2. Sistem İlişki Şeması

Donanım tasarımı için destek verilmek istenen Magnetin ve seçilen sensörlerin çalışabileceği bir ana kartın şematik tasarımı yapılmıştır. Koruyucu gaz akış debisinin ve gaz basıncını ölçülmesi için seçilen sensörlerin analog çıktı değerlerin ölçülmesi ve MCU analog portunun desteklediği analog giriş değerlerine çevrimi için şematik tasarımları yapılmıştır. Koruyucu gaz akışının oransal olarak PWM ile kontrol edilmesi için Oransal Valf Kontrol un şematik tasarımı yapılmıştır. Şematik tasarım sonrasında elektronik kart tasarımına geçilmiştir. Basınç ölçer ve ana kart için iki ayrı elektronik kart tasarımı yapılmıştır. Şekil 3’te elle dizgisi tamamlanan ve sensör bağlantılarının yapıldığı prototip gösterilmektedir.



Şekil 3. Dizgisi Tamamlanmış Prototip

Yazılım uygulamaları temel olarak dört kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım MCU içerisinde çalışan, sensörlerden gelen analog sinyalleri dijital verilere çevirerek, MagNET üzerinde çalışan uygulamaya aktaran ve MagNET’den gelen akış debisi bilgisine göre oransal valfi kontrol eden gömülü sistem uygulamasıdır. İkinci kısım MagNET üzerinde çalışan, MCU’dan gelen verileri işleyerek anlamlı verilere çeviren, MCU yazılımını gönderdiği komutlar ile kontrol eden, dokunmatik ekran girişleri ve toplanan verileri paketleyerek sunucu üzerinde çalışan servis uygulamasına aktaran gömülü sistem uygulamasıdır. Üçüncü kısım sunucu üzerinde çalışan ve MagNET ile çift yönlü haberleşerek aldığı verileri veri tabanına kaydeden ve veri tabanındaki bilgileri aktaran .NET uygulamasıdır. Dördüncü kısım web uygulaması olarak çalışan veri tabanındaki kayıtlı verilerin raporlanarak izlenilebildiği ve bazı girişlerin yapılabildiği .NET uygulamasıdır.

Uygulama geliştirme işlemine öncelikle MCU uygulaması geliştirilerek başlanmıştır. Analog değerler ADC aracılığıyla dijital verilere çevrilerek ilgili değişkenlerde saklanmış ve çevrim yapılmadan MagNET uygulamasına haberleşme ara yüzü aracılığıyla aktarılmıştır. MagNET uygulaması tarafından hesaplanarak MCU tarafındaki uygulamaya gönderilen gaz akış debisi ayar noktası PID ve çeşitli algoritmalara sokularak gaz akış debisinin istenilen debiye göre ayarlanması sağlanmıştır.

MCU tarafından gönderilen analog veriler, kalibrasyon ve gaz katsayıları ile çarpılarak akış debisi, basıncı ve ayar noktası hesaplanmıştır. Hesaplanan veriler sunucu uygulamasına gönderilmektedir. Koruyucu gaz tipine göre gaz katsayıları değişmektedir. Bu sebeple öncelikle kullanılan gazın seçilmesi gerekmektedir. Koruyucu gazların sonradan kalibre edilebilmesi ve kullanıcı tarafından da yeni gaz karışımlarının eklenebilmesi için gaz tipleri veri tabanına kaydedilmiştir. Gazın seçilebilmesi için kullanıcıya iki farklı yöntem sunulmuştur. Birinci yöntemde kaynakçı MagNET üzerindeki dokunmatik ekrandan tanımlı gazları seçebilir duruma getirilmiştir. İkinci yöntem de ise kaynakçıyı aradan çıkararak web uygulaması üzerinden kaynak mühendisinin seçim yapabildiği sağlanmıştır. Şekil 4’te ise MagNET üzerindeki gaz seçim ve debi ayarı ekranı gösterilmektedir.



Şekil 4. MagNET Gaz Tipi Seçimi ve Debi Ayarı Ekranı

Web uygulaması üzerinde öncelikle gaz tanımlama ve seçim ekranları yapılmıştır. Gaz tiplerinin içerdiği veri tabanı tablosu bu ekran aracılığıyla güncellenebilmekte ve değişiklikler sunucu servis uygulaması aracılığıyla MagNET uygulamasına gönderilmektedir. Şekil 5’te ise web üzerinden ilgili makine için gaz tanımlama ekranı gösterilmektedir.

	Gaz Tipi	Gaz Kodu	Açıklama	Katsayı
	I1	100Ar	Ar	1
	C1	100CO2	CO2	0.56
	N1	100N2	N2	0.71684
	M21	12S2	Ar + 12 CO2 + 2 O2	1.0024
	M31	60Ar/40CO2	Ar + 40 CO2	0.85005
	M31	70Ar/30CO2	Ar + 30 CO2	0.89405
	M21	80Ar/20CO2	Ar + 20 CO2	0.93805
	M21	82Ar/18CO2	Ar + 18 CO2	0.94685
	M20	88Ar/12CO2	Ar + 12 CO2	1.0024
	M20	90Ar/10CO2	Ar + 10 CO2	1.0112
	M20	92Ar/8CO2	Ar + 8 CO2	1.02
	M11	98Ar/2CO2	Ar + 2 CO2	1.0464

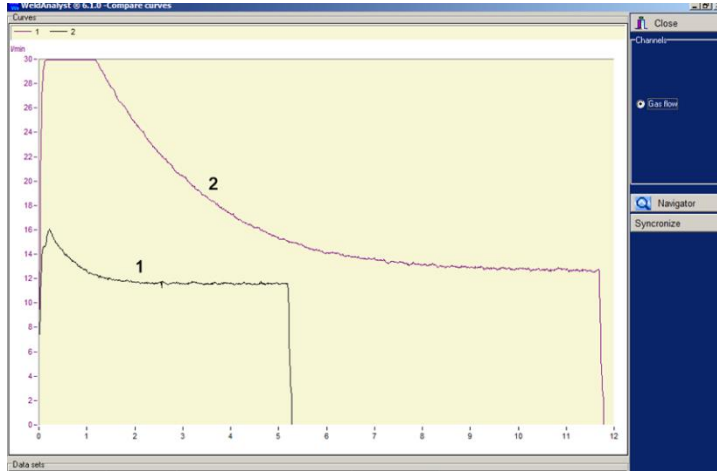
Şekil 5. Web Koruyucu Gaz Tanımlama Ekranı

Donanım ve yazılım çalışmaları tamamlandıktan sonra ofis içerisinde masaüstü çalışma testleri gerçekleştirilmiştir. Masaüstü testlerin başarılı bir şekilde sonuçlandırılmasından sonra, asıl test gazaltı kaynak makinesi ile birlikte farklı gaz tiplerinde denemeler yaparak gerçekleştirilmiştir.

Test düzeneği için koruyucu gaz tüpü ile kaynak makinesi arasında geliştirilen sistem gaz hortumu ile bağlanmış, ayrıca gaz hortumuna gaz debisi ölçümü yapan kaynak analizörü bağlanmıştır. Yapılan test öncesinde kaynak analizörü ve uygulama ekranında gösterilen anlık gaz akış debisi değerlerinin aynı olduğu kontrol edilmiştir. Kontrol sonrasında 12 litre / dakika değerinde argon gazı ile test işlemi kaynak yapılarak gerçekleştirilmiş ve sonuçları kaydedilmiştir. Sonuçların karşılaştırılabilmesi için öncelikle geliştirilen sistem üzerinden gaz ayarlanarak test yapılmış, daha sonra geliştirilen sistem aradan çıkarılarak koruyucu gaz tüpü üzerinden aynı debi ayarlanmaya çalışılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Yapılan test sonucunda geliştirilen sistemin bağlı olduğu ve olmadığı durumlara göre grafikler üst üste bindirilerek karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 6’da gaz debisinde karşılaştırma grafikleri verilmiştir. Grafik içerisinde 1 numara ile işaretlenmiş grafik geliştirilen sistem ile alınan gaz akış debisini, 2 numara ile işaretlenmiş grafik geliştirilen sistem olmadan direk gaz tüpünden sağlanan gaz akış debisini göstermektedir. Grafikte sol eksen litre / dakika, alt eksen ise saniye birimindedir. Grafiğin oluşturulması için saniyede 1000 örnek alınmıştır.



Şekil 6. Kaynak Test Sonuç 12 Litre / Dakika Karşılaştırma Grafiği

Grafik incelendiğinde geliştirilen sistemin yaklaşık olarak 1 saniye civarında istenilen akış debisini ayarlayabildiği görülmektedir. Ayrıca gaz basıncı sabit tutulduğu için kaynak başlangıç anında boşa giden gaz israfının azaldığı görülmektedir. Sistem devrede değilken 30 litre / dakika üzerine çıkan anlık gaz akış hızı, sistem devrede iken ayarlanan debiden başlangıç anında yaklaşık olarak 3-4 litre / dakika yukarı çıktığı gözlenmiştir.

Geliştirilen sistem ile birlikte gaz akış debisi manuel ayardan çıkarılarak sistem tarafından otomatik olarak ayarlanması sağlanmış ve gaz akış hızı izlenebilir olarak kayıt altına alınmıştır. Anlık gaz hızının sürekli olarak takip edilmesi sayesinde gaz hattında oluşabilecek kaçaklar tespit edilebilir hale gelmiş ve bu sayede oluşan maliyet kayıpları da engellenmiştir. Ayrıca kaynakçı tarafından hatalı olarak ayarlanan gaz debisi kaynaklı kalite problemlerinin önüne geçilerek ayrı bir maliyet kazanımı daha elde edilmiştir.

Kaynakça

Anon. (2019). http://www.netwelding.com/Gas_Cost_Percent_Welding_Costs.htm, (15.12.2019).

Anon. (2023)
http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/59db6c6b33bd415_ek.pdf?tipi=79&туру=X&sube=15

Beriş, B. (2012). Ti6Al4V Alaşımı TIG Kaynağında Uygulanan Koruyucu Gaz Parametresinin Kaynak Kalitesi Üzerindeki Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Hooda, A., Dhingra, A. ve Sharma, S. (2012). Optimization Of MIG Welding Process Parameters To Predict Maximum Yield Strength In AISI 1040. International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research. 1(3): 203-213.

İz, S. (2018). Çelik Yapıların Avantajları İmalat ve Montajda Dikkat Edilecek Hususlar Maliyet ve İş Programı İçin Yaklaşım.

Reichrlt, W. R., Evancho, J. W. ve Hoy, M. G. (1980). Effects of Shielding Gas on Gas Metal Arc Welding Aluminum. *Welding Journal*. 59(5): 147-155.

Sevük, A. 2007. Gazaltı Ark Kaynağında Sorunların Giderilmesi. *Kaynak Teknolojisi* (ss.121-138). İstanbul: Askaynak Yayını.

Türkkan, G. (2008). Koruyucu Gaz Kaynağında (Mıg/Mag) Gaz Debinin Kaynak Nüfuziyeti ve Kaynak Hızına Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

WA Technology (2016). What Percentage of Welding Cost is Shielding Gas?.

Polietilen Tereftalat (PET) Polimerinin Termal Özelliklerinin Proplanlanması İçin İnorganik Katkıların Değerlendirilmesi

Kübra Tayfur¹, Ebru Al¹, Merve Esra Üngör¹, Yüksel Abal², Osman Arslan^{1*}

¹İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Müh., 34303, İSTANBUL/TÜRKİYE

²Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kimya Bölümü, 45140 Yunusemre, MANİSA/TÜRKİYE

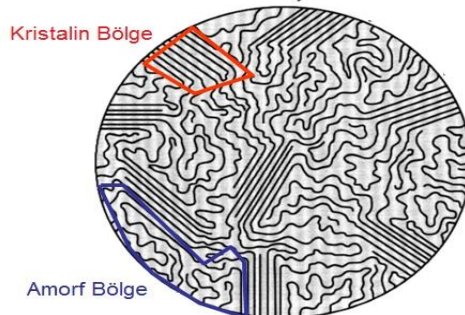
Email: 525821006@std.izu.edu.tr

Email:o.arslan@izu.edu.tr

Giriş

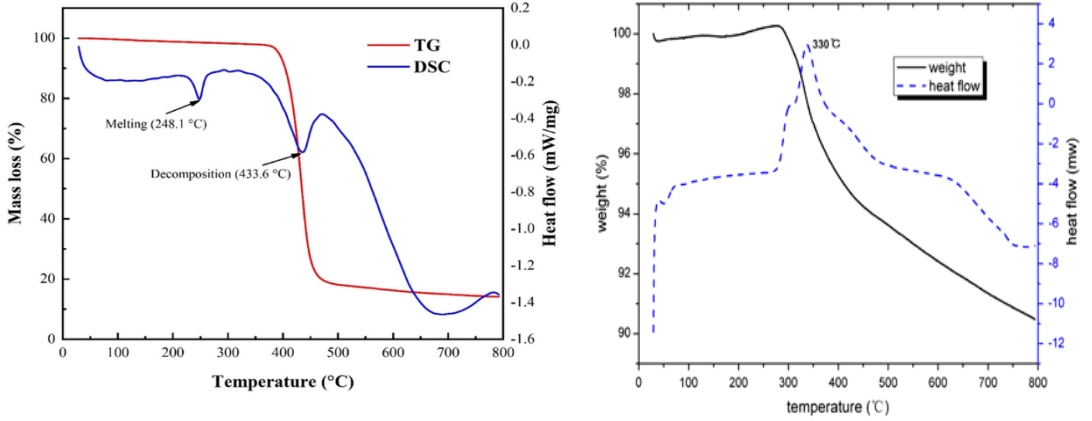
Gıda endüstrisinde, sıcak dolun işleminin, bakteri, maya ve küf türleri gibi ısıya duyarlı bozulma organizmaları etkisiz hale getirmek ve öldürmek için yapılan pastörizasyon işlemidir. Bu işlem gıdanın besin değerini korumak ve tüketici tarafından ambalajı açılana kadar ürünlerin belirtilen raf ömrü boyunca korumak için yapılır. 75° C'nin üzerinde yapılan pastörizasyon işlemlerinde ısıya dayanıklı ambalajlar için cam, teneke ve plastik ambalajlar kullanılmaktadır (Chen ve ark., 2020). Cam ve teneke kutular tüketici güvenliği ve kullanım kolaylığı olmaması sebebiyle kullanımı kısıtlıdır, bu nedenle ısıya dayanıklı plastik ambalajlara olan talebin gelecekte artması bekleniyor.

Polimerlerin gösterdikleri ısıl davranışları yapısına bağlıdır. Endüstriyel polimerlerin çoğu amorf, yarı-kristal ve tam kristal yapıdadır. Amorf yapıdaki polimer ısıtıldığında camsı geçiş sıcaklığı (T_g) sıcaklığında yumuşayarak kauçuk özellik gösterir. Yarı-kristal polimerler kırılabilirlik özelliklerini camsı geçiş sıcaklığına kadar korurlar (Phadungsukanan ve ark, 2009). Camsı geçiş sıcaklığı geçildiğinde belli derecede yumuşaklık gösterir ancak amorf bölgeleri bir arada tutan mikrokristal yapılarından dolayı esnek termoplastik yapılarına geçerler. Tam kristal polimer ise serttir, camsı geçiş göstermezler, belirli bir erime sıcaklığında erirler (Phadungsukanan ve ark, 2009).



Şekil 1: Polimerlerin Yapısı

Poli (etilen tereftalat) (PET), çok yönlü bir ticari termoplastik polimerdir. İşlenebilirlik yoluyla eritilerek işlenerek elde edilir olağanüstü ekstrüzyon şişirme kalıplama ve enjeksiyon kalıplama ile işlemesi yapılır. PET, yiyecek ve içeceklerle temasa yönelik şişelerin üretiminde en yaygın olarak kullanılan plastik ambalaj malzemesidir (Lee ve ark., 2007). PET, petrol bazlı monomerlerden, yoğunlaşma reaksiyonlarını içeren kimyasal bir işlem yoluyla üretilir. Bu anlamda PET, fiziksel karıştırma dışında çeşitli polimerlerle kopolimeri edilebilir ve diğer yabancı monomerlerin dahil edilmesine karşı oldukça hassas kristalleşme kinetiği sergileyebilir (Sugimoto ve ark, 2023). PET, yüksek mekanik mukavemete, mükemmel şeffaflığa, kimyasal dirence ve gaz geçirgenliğine sahiptir, ancak ısı direnci zayıftır. PET ambalajların ısıyla bozulma sıcaklığı (HDT) ve cam geçiş sıcaklığı (Tg) diğer ambalajlara kıyasla daha düşüktür, bu da sıcak doldurma işleminde uygulanabilirliği sınırlar (Xing ve ark, 2021). PET’in yüksek termal ve mekanik performansı, elyaf, gıda ambalajı, tekstil, otomotiv ve elektronik endüstrileri gibi birçok endüstriyel uygulama için uygun bir aday haline getirir. PET uygun mekanik ve termal özelliklere sahip olmasına rağmen, son teknoloji uygulamaların çoğu için daha fazla iyileştirmeye ihtiyaç vardır (Marin Morocho ve ark, 2021).



Şekil 2: PET TGA/DSC grafikleri

Herhangi bir polimere uygun takviye maddesi seçerek, PET’in karakteristik özelliklerini korumak ve PET kompozitlerin nihai özelliklerini ayarlamak mümkündür (Al Jabareen ve ark, 2013). Bu çalışmada, termal olarak Tetraetoksisilan (TEOS), PET ile uyumluluğu nedeniyle takviye maddesi olarak seçilmiştir (Yastrebinsky ve ark, 2023). TEOS takviyeli PET kompozitler, enjeksiyon makinasının karıştırma kazanında karıştırma yöntemi ile hazırlanmıştır. Üretilen bu TEOS takviyeli PET nanokompozitlerin mekanik özellikleri, ısı bozulması ve yumuşama sıcaklıklarına bakılmıştır. PET’in yüksek sıcaklıklarda performansını artırmak için ağırlıkça %1 ila %2 arasında değişen TEOS içerikleri değiştirilerek uyarlanmıştır. PET kompozitlerin termal stabilitesi, standart testler kullanılarak belirli sıcaklıklar altında incelenmiştir. Bildiğimiz kadarıyla, literatürde plastikler için endüstriyel bir standart olarak olan PET/TEOS termal geçiş sıcaklıklarını ve polimerlerin yüksek sıcaklıktaki mekanik özelliklerini tanımlamak için kullanılan HDT’yi tartışan hiçbir veri mevcut değildir (10).



Şekil 3: PET üretiminin şematik gösterimi.

Materyal ve Metot

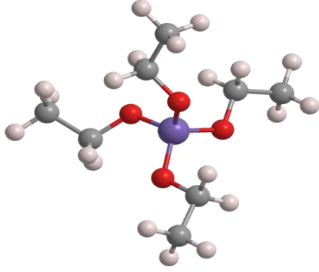
DeneySEL çalışmalarda, kullanılan PET Masterbatch Indoroma Ventures Adana PET Sanayi A.Ş. tarafından teslim alınmıştır. Tetraetoksisilan (TEOS) (%98, d:0,94) kimyasalı Acros Organics tarafından temin edilmiştir.

PET/TEOS karışımının hazırlanması

PET ambalaj üretiminde PET, PET/TEOS %1, PET/TEOS %2 oranlarında üç farklı karışım numunesi ile enjeksiyon makinasında üretildi. İlk olarak PET granülleri 150°C’de 4 saat nem giderici kurutucuda kurutuldu. Kurutulduktan sonra besleme ünitesine verilen PET granülü içerisine dozajlama sistemi ile ayarlanan oranlarda TEOS ilave edildi. Homojen bir şekilde karışım sağlandıktan sonra numunenin üretim koşullarına göre 260-270°C arasında ayarlanan makinenin kovanına aktarıldı. Erimiş numune kalıba enjekte edildi. Ambalajın kristalleşmesini önlemek için 6 saniyede hızlı bir şekilde soğutuldu.



PET granül



TEOS



PET/TEOS Gıda Ambalajı

Şekil 4: PET/TEOS Gıda Ambalajı

Tablo 1: PET/TEOS karışımlarının bileşimi

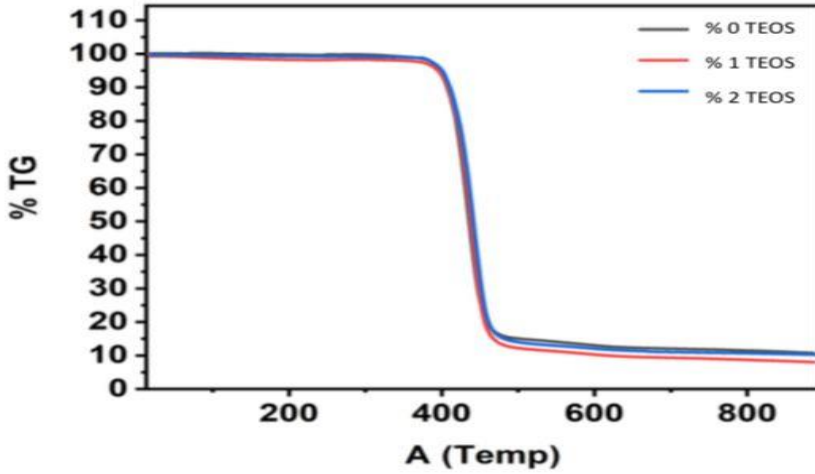
Örnek	Kompozisyon [%]		
	PET	TEOS	Toplam
PET	100	0	100
PET/TEOS 1	99	1	100
PET/TEOS 2	98	2	100

Bulgular ve Tartışma

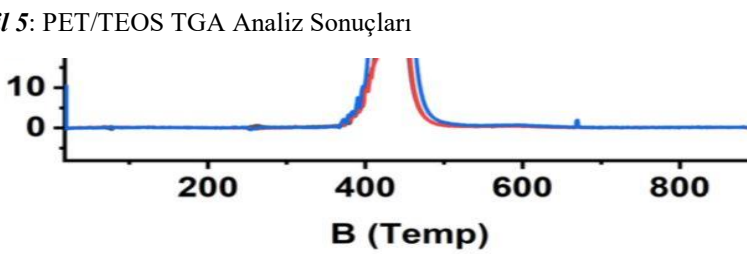
PET/TEOS karışımının termal özellikleri

PET, %1 PET/TEOS ve %2 PET/TEOS karışımlarından oluşan ambalajın termal özelliklerini ve stabilitesini analiz etmek için diferansiyel taramalı kalorimetre ve termogravimetrik analiz cihazı kullanılarak değerlendirildi.

Camsı geçiş sıcaklığı, malzemelerin ısı direncini ve şekil kararlılığında önemli bir rol oynar. Termal dayanımın pozisyonel olarak çok büyük bir kayma göstermediği ortaya konulmuştur. Eklenen miktar artırılabilir. Eğrilerin başlangıç noktalarındaki ufak omuz noktaları farklılaşmaktadır. Homojen bir karışım olduğu gözlenmektedir. Artan TEOS miktarı daha fazla dayanıklılık sağlamıştır. Başka silan bileşikleri eklenebilir. %2 TEOS da belirgin bir fark vardır. PET/TEOS karışımları termal stabilitesini bozmadır.



Şekil 5: PET/TEOS TGA Analiz Sonuçları



Şekil 6: PET/TEOS DTG Analiz Sonuçları

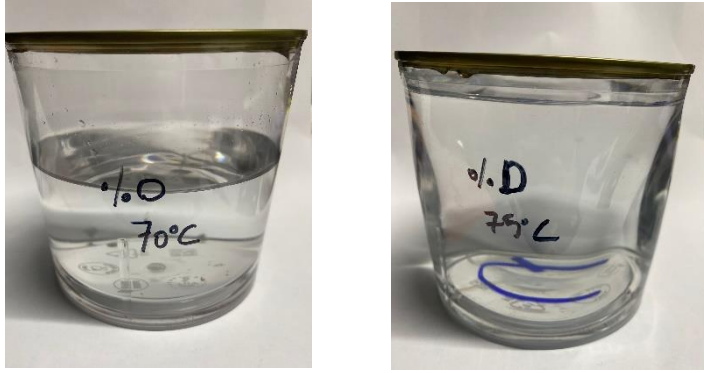
PET/TEOS karışımının şeffaflığı

Şeffaflık, ambalaj için temel bir gerekliliktir. Bazı ambalajlar için camunki gibi yüksek şeffaflık gereklidir. Polimer karışımlarında şeffaflık kimyasal yapısı ve morfolojisi ile ilgili karışa bilirlriğe bağlıdır.

PET/TEOS karışımı gözlemlendiğinde TEOS’un, PET’e eklenmesinde PET’in şeffaflığının etkilenmediğini gösterdi.

PET/TEOS karışımının ısı direnci ve şekil stabilitesi

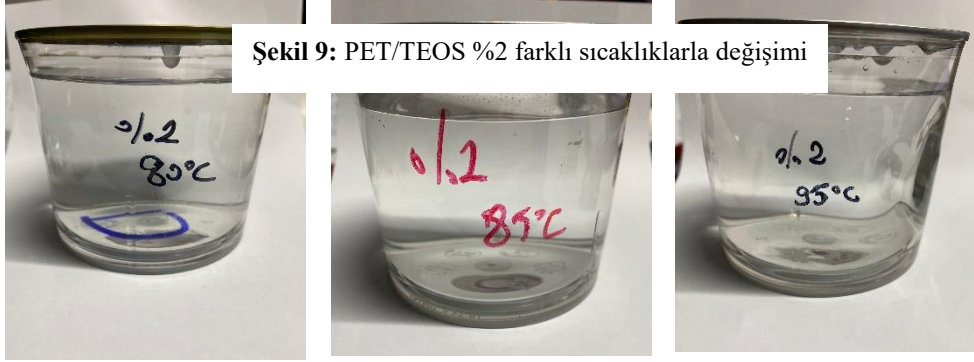
PET/TEOS karışımından oluşan ambalajın sıcak dolun işlemleri için potansiyel uygulanabilirliğini değerlendirmek için simüle edilmiş bir sıcak dolurma testi kullanılarak ambalajın ısı direnci ve şekil stabilitesine bakıldı. Sıcak dolurma işlemi sırasıyla 70°C, 75°C, 80°C, 85°C, 90°C, olarak PET, %1 PET/TEOS ve %2 PET/TEOS karışımlarından hazırlanan ambalaj numunelerinde denendi. PET ve %1 PET/TEOS karışımlarından oluşan ambalajın 80°C’de şekil deformasyonu gösterirken, %2 PET/TEOS karışımından hazırlanan ambalajın 85°C’de şekil deformasyonu gösterdi.



Şekil 7: PET farklı sıcaklıklarla değişimi



Şekil 8: PET/TEOS %1 farklı sıcaklıklarla değişimi



Teşekkür

Bu çalışma için İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi ve Yıldız Plastik Ambalaj ve Kulp San. Ltd. Şti firmasına teşekkür ederiz.

Kaynakça

Arslan, O., Arpaç, E., Sayılkan, H. (2010). Siliconcarbide embedded hybrid nanocomposites as abrasion resistant coating. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 20(2), 284–292. <https://doi.org/10.1007/s10904-010-9360-y>

Al-Jabareen, A., Al-Bustami, H., Harel, H., Marom, G. (2013). Improving the oxygen barrier properties of polyethylene terephthalate by graphite nanoplatelets. *Journal of Applied Polymer Science*, 128(3), 1534-1539.

<https://doi.org/10.1002/app.38302>

Chen S, Xie S, Guang S, Bao J, Zhang X, Chen W. (2020). Crystallization and Thermal Behaviors of Poly(ethylene terephthalate)/Bisphenols Complexes through Melt Post-Polycondensation, *Polymers*. 12(12):3053.

Lee, A. S., Jeon, H., Choi, S. S., Park, J., Hwang, S. Y., Jegal, J., Hwang, S. S. (2017). Crystallization derivation of amine functionalized T12 polyhedral oligomeric silsesquioxane-conjugated poly (ethylene terephthalate). *Composites Science and Technology*, 146, 42-48. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2017.04.015>

Marín-Morocho, K., Domenek, S., Salazar, R. (2021). Identification of Potential Migrants in Polyethylene Terephthalate Samples of Ecuadorian Market. *Polymers*, 13(21), 3769. <https://doi.org/10.3390/polym13213769>

Park, S., Thanakkasaranee, S., Shin, H., Lee, Y., Tak, G., Seo, J. (2021). PET/Bio-Based Terpolyester Blends with High Dimensional Thermal Stability. *Polymers*, 13(5), 728. <https://doi.org/10.3390/polym13050728>

Phadungsukanan, W., Shekar, S., Shirley, R., Sander, M., West, R. H., Kraft, M. (2009). First-principles thermochemistry for silicon species in the decomposition of tetraethoxysilane. *The journal of physical chemistry. A*, 113(31), 9041–9049. <https://doi.org/10.1021/jp905494s>

Sugimoto, K., Mikami, K., Kimura, R., Tagaya, M. (2023). Synthesis of Tetraethoxysilane-Reacted Hydroxyapatite Nanoparticles and Their Stabilization in Phosphate-Buffered Saline. *Langmuir: the ACS journal of surfaces and colloids*, 39(27), 9431–9438. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.3c00954>

Thomas, S., Grohens, Y., Jyotishkumar, P. (Eds.). (2014). *Characterization of polymer blends: miscibility, morphology, and interfaces*. John Wiley & Sons.

Yastrebinsky, R.N., Pavlenko, V.I., Yastrebinskaya, A.V., Gorodov, A.I., Akimenko, A.V. (2023) Application of Organosilicon Modifier Based on Tetraethoxysilane for the Production of Heat-Resistant Chrysotile Fibers and Reinforced Cement Composites. *Fibers*. 11(10):80. <https://doi.org/10.3390/fib11100080>

Xing L, Wang Y, Wang S, Zhang Y, Mao S, Wang G, Liu J, Huang L, Li H, Belfiore LA (2018) Effects of Modified Graphene Oxide on Thermal and Crystallization Properties of PET. *Polymers*. 10(6):613. <https://doi.org/10.3390/polym10060613>

Procedure for Implementing an Innovative Idea Management System: A Case Study of a Company

Melek Esemen^{1*}, Dilek Çetin Tulazoğlu²

^{1,2}Kent Kart Ege Elektronik San. Tic. A.Ş., R&D Innovation and Plannig Department, İzmir - Konak, Türkiye

^{1*}melek.esemen@kentkart.com

²dilek.tulazoglu@kentkart.com

Introduction

Innovation, defined as the introduction of new or significantly improved products, services, processes, or organizational methods, is vital for the long-term success and survival of organizations (Oslo Manual, OECD and Eurostat, 2018). It encompasses both technological and non-technological advancements, emphasizing the need to bring innovations to the market or implement them internally. The Frascati Manual (OECD, 2015) focuses on the practical application of new or improved ideas, leading to economic or social benefits. Innovations provide a competitive edge by enabling the creation of new goods, improving existing ones, and implementing cost-effective procedures, differentiating businesses and fostering growth. Innovation also helps companies adapt to shifting customer demands, increase satisfaction, and address unmet requirements. Additionally, it creates a collaborative work environment, boosting employee engagement, job satisfaction, and retention. Embracing sustainability, reducing waste, and addressing social challenges further align innovation with environmental and social responsibility. Overall, prioritizing innovation is essential for business expansion, competitiveness, and meeting evolving stakeholder and consumer expectations.

To enhance innovation, companies should cultivate a culture that values open communication, risk-taking, and learning from both successes and failures. Providing resources like instruction, workshops, and innovative tools is crucial. Cooperation can be fostered through cross-functional teams, brainstorming sessions, and digital communication tools. Establishing a flexible innovation process, adaptable to various projects, is vital. Collaborating with external stakeholders, participating in industry events, and conducting market research further promotes innovation. Monitoring progress using metrics such as idea quantity, success rate, and employee involvement is critical for development and recognition. Companies can create an innovation-friendly environment by implementing these steps, providing necessary resources, fostering collaboration, establishing clear processes, engaging with external stakeholders, and monitoring progress. Utilizing an Innovative Idea Management System (IIMS) simplifies idea sharing and evaluation, making the innovation process transparent and encouraging continuous improvement. This approach enhances a company's ability to generate and implement innovative ideas, ultimately contributing to long-term success and growth.

An IIMS is a structured approach for gathering, analyzing, and implementing ideas from stakeholders, focusing on employees in this study. The system includes procedures, instruments, and technologies for idea generation, submission, review, selection, and feedback. It aims to provide a clear, fair procedure for idea review, encouraging collaboration and diverse viewpoints. Implementing an IIMS offers benefits such as enhanced idea generation. A structured system fosters creativity, ensuring a comprehensive range of ideas, and guarantees that all ideas are captured and evaluated. This approach enables effective resource allocation, directing investments towards the most promising ideas and avoiding wasted resources on unlikely successes.

This paper aimed to define an IIMS procedure to enhance the level of innovation within an organization. The paper is outlined as follows: This study firstly provided an overview of innovation, highlighting its significance for organizations. It also introduced the concept of IIMS and emphasized its importance in fostering innovation. Section 2 examined previous studies on innovation and various types of IIMS, presenting the advantages and disadvantages of each type. This section provided a comprehensive understanding of the existing knowledge and practices related to IIMS. Section 3 outlined the procedure for implementing an IIMS, starting from identifying the aim and progressing through idea submission, evaluation, criteria for acceptance or rejection, note-taking, rewarding, and implementing the idea. This step-by-step process provided a clear framework for organizations to follow when establishing an IIMS. Section 4 addressed the common obstacles faced during the implementation of an IIMS. Strategies were proposed to overcome these challenges, ensuring a smooth integration of the system within the organization. Section 5 presented examples of organizations that have successfully implemented an IIMS. It shows that the positive outcomes in terms of innovation output, employee engagement, customer satisfaction, and financial performance. Additionally, the section highlighted the lessons learned from these experiences and offered recommendations for organizations considering adopting such a system. Finally, the paper is concluded with final comments.

Literature Review

Innovation management systems are vital for organizational success, focusing on constant product quality and meeting evolving consumer and political demands. Various models and tools, like those explored by (Cagnazzo et al., 2008), (Melendez et al., 2019), and (Idris and Durmusoğlu, 2021), can enhance innovation performance. Noteworthy theoretical foundations include the Technological Innovation Process Model (Roberts & Frohman, 1978), Open Innovation Model (Chesbrough, 2003), Disruptive Innovation Model (Christensen, 2013), Competing Values Framework (Quinn & Rohrbaugh, 1983), Stage-Gate Model (Cooper, 1990), and Innovation Funnel Model (Bessant & Tidd, 2013). These models offer diverse perspectives on managing innovation within organizations.

The literature on idea management systems and innovation management indicates that idea management is a subset of innovation management, aiming to generate efficient and effective ideas (Gerlach & Brem, 2017). Considered a vital aspect of corporate management and subsidiary innovation, the growth of idea management literature is attributed to advancements in information technology (Jensen, 2012). Various idea management systems exist, each with distinct approaches as follows: The traditional suggestion box involves employees submitting ideas physically, reviewed and implemented by management (Koberg et al., 1999), (Zhang et al., 2016). While cost-effective and simple, it lacks opportunities for collaboration, can be time-

consuming, and may not suit organizations with remote teams. The digital suggestion box, a modern version, facilitates electronic idea submissions, allowing transparency and collaboration through a web-based platform (Vásquez-Urriago et al., 2016). Despite real-time collaboration benefits, it may require additional training, is susceptible to spam, and may not be suitable for tech-limited organizations. Innovation contests encourage idea competition with prizes, generating ideas quickly but potentially leading to low-quality suggestions (Chen et al., 2021) (Jiang et al., 2022). However, it may not be universally applicable and could stress employees. Hackathons, involving cross-departmental collaboration on specific challenges, foster creativity but demand significant time and may yield impractical ideas (Temiz, 2021). Open innovation collaborates with external partners for diverse ideas (Chesbrough, 2003) (Laursen & Salter, 2006). Challenges include trust-building, finding suitable partners, and resource/time management. Design thinking, emphasizing structured ideation, prototyping, and testing, requires resources and training but may not be universally applicable (Brown, 2008) (Liedtka, 2018).

Innovative Idea Management System

The proposed system encourages every employee to participate in the IIMS by submitting ideas that generate commercial value, add value, and are feasible. It involves an innovative idea submission form, with evaluation by a board comprising department representatives and technical experts. Successful ideas meeting specific criteria receive rewards and move to the implementation stage. The system also communicates evaluation results on a designated platform.

Idea Generation

Employees of the company will be able to make notifications on the following issues individually or in groups: Product innovations (introducing a new or significantly improved good or service), process innovations (innovation or improvement in internal processes), marketing innovations (in order to increase the company's sales, responding to customer needs more successfully, opening new markets or repositioning a product in the market), organizational innovations (reducing administrative or transaction costs, increasing performance). Microsoft form on intranet platform of company will be used to submit the idea by employees. They submit the ideas anonymously to evaluate the ideas objectively.

Submission of Innovative Ideas

Innovative idea submission form will be available on intranet platform of company. Employees can be reach to submission form link from the useful links on home page of intranet platform easliy and also from IIMS page on intranet platform. The form consists of questions about the idea as follows:

- Nickname (if you would like to show your name, please write your name-surname).
- What is the title of the your innovation idea?
- What is the type of your idea (product, process, marketing, and organizational).
- Explain your idea. What problem(s) your idea solves. What need(s) your idea meets.
- What is the innovative approach of your idea? What is your concrete solution, if any? Explain the benefit and impact it will create.
- Please upload supportive attachment (image, voice record, etc.), if any.

Evaluations of Submitted Ideas

Pre-evaluation Criterians

If the employee's idea is related to their existing responsibilities, has been previously raised or recorded within the company, is a repetition of a completed task or project request, or falls outside the defined categories of product, process, marketing, or organizational ideas, it will be rejected. Ideas that pass these criteria move on to the grading phase.

Grading

At this stage, the evaluation is made with a total of 8 questions on the basis of 4 criterians for idea:

Table 1: Questions for evaluation

Innovation	Q1: The idea is highly innovative
Necessity	Q2: The idea is highly useful/effective
Feasibility	Q3:The idea is compatible with our vision/innovation strategy
	Q4:We have sufficient capacity/resources to implement the idea
	Q5:The idea can be implemented in a reasonable time
Profitability	Q6:There is high revenue and profit potential
	Q7: It can be done without directly competing with our other products and services
	Q8:It does not require huge investments

Grades for these questions are given as follows:

Table 2: Grading for questions

<i>Question 1</i>	<i>Question 2-8</i>	<i>Grading</i>
None	Completely Disagree/None	1
Innovative in Company	Disagree	2
Innovative in Sector/Market	Moderately Agree	3
Innovative in Country	Agree	4
Innovative in Global	Completely Agree	5

For each criterion, the reason of given point for idea is written as a comment when grading the idea. The grade point average (GPA) of relevant idea is calculated after evaluation by at least one expert in the technical field and at least three members of the evaluation board. GPA is calculated using following Equations 1-5.

$$\% \text{ Innovativeness} = I = 25 * (V1 - 1),$$

(1)

$$\% \text{Necessity} = N = 25 * (V2 - 1), \quad (2)$$

$$\% \text{Feasibility} = F = 25 * (\text{Mean}(V3, V4, V5) - 1), \quad (3)$$

$$\% \text{Profitability} = P = 25 * (\text{Mean}(V6, V7, V8) - 1), \quad (4)$$

$$\text{GPA} = \text{Mean}(I, N, F, P), \quad (5)$$

where Vx represent the average grade of all evaluaters (includes expert and board members) each x -th question.

If the idea is improved by the management, board or technical expert during the evaluation process, the GPA is calculated in terms of improved version of idea.

Reward Mechanism

Companies should provide feedback and recognition to employees who contribute innovative ideas. In this system, we present recognition in company intranet platform through rewards and comments. If GPA is equal or grater than 70 for an idea and it is found appropriate by the management, then idea’s owner is rewarded. Also, if GPA is between 50(or equal) and 70 for 3 of the ideas submitted by a employee/same group, if any of these 3 ideas have not been rewarded before and if found appropriate by the management, that employee/group will be rewarded. In order to reward, the three ideas that will be awarded must be submitted to the innovative idea notification form with the same nickname (from same e-mail address). If GPA is less than 50, there is no rewarding. The award amount is specified in the incentive instruction (or similar document) for the company, which is updated every year. Ideas submitted by the board members are taken into consideration, but the rewarding mechanism is not operated. The reward is given to the idea’s owner by the management or board. If the idea is submitted as a group, the reward is shared equally among each employee. During the award process, a photo is taken and shared on the intranet platform of the company.

Implementation of the Ideas

After the evaluation process, ideas with a GPA is 70 and above are transferred to the design and business development processes. Even if the GPA is not higher than 70, but the ideas that seem to be implemented, the related product manager and the department are informed about them. And if necessary, they are transferred to the design and business development processes. Ideas that do not comply with the innovative idea criteria are indicated on the intranet platform of the company.

Potential Challenges and Solutions

Implementing IIMS is beneficial for enhancing innovation in a company, but challenges may arise. One common challenge is resistance to change, which can be mitigated by regularly informing employees about the system's benefits through various channels like emails, meetings, and intranet posts. Employee education and training, including workshops and tutorials, can reduce resistance. Offering awards for innovative ideas and seeking employee feedback can also promote adoption. Limited resources and budget constraints pose another challenge. Prioritizing ideas and aligning resources accordingly helps stay within budget constraints. Continuous assessment of system performance allows for adjustments to improve resource allocation. Intellectual property and rights concerns can be addressed by establishing clear policies on ownership, confidentiality, and trade secret protection. Open communication channels and regular updates on idea status help manage these issues effectively. Balancing

short-term goals with long-term innovation objectives is a challenge. Establishing a clear innovation strategy aligned with overall goals, prioritizing short-term wins, fostering cross-functional cooperation, and adapting strategies to changing market conditions can address this challenge. Performance metrics help monitor and adjust the innovation strategy. Handling a large volume of ideas and prioritizing them can be challenging. Clear evaluation criteria, an idea screening process, starting with a smaller subset of ideas, and allocating resources based on potential impact and feasibility can effectively manage idea volume. In conclusion, implementing an IIMS requires careful planning, communication, and collaboration. Addressing these challenges enables companies to successfully foster innovation and growth through the system.

A Case Study for Implementing of IIMS: Kent Kart Ege Elektronik A.Ş.

Kentkart is a leading producer of Intelligent Transportation Systems (ITS), offering in-house hardware and software solutions for smart mobility, including automated fare collection, vehicle management, mobile applications, passenger information, and video surveillance. Their vision is to be a premier AFC provider, contributing significantly to public transportation development. Kentkart achieves this by creating innovative, fast, accurate, user-friendly, and secure information technologies that meet public transportation standards and enhance travel quality. They play a crucial role in modernizing public transport networks, improving passenger comfort, and contributing to efficient, sustainable urban futures. Kentkart, recognized globally with numerous reference cities, brings together experts in hardware, software, network, payment, and ticketing to deliver world-class ITS solutions. For more details and milestones, visit the Kentkart website. Kentkart serves as an exemplary implementation of the IIMS outlined in this paper, placing systematic innovation and customer needs at the core of its business. Since its establishment in 1998, Kentkart has been a pioneer in developing AFC systems, achieving milestones such as integrating AFC and vehicle tracking in a single validator in 2005. They were the first in Türkiye to enable the use of public transportation smart cards for small payments and shopping. In 2012, Kent Kart Ege Elektronik A.S. was certified as a Research and Development (R&D) Center by the Republic of Türkiye Ministry of Industry and Technology.

Since becoming an R&D Center, Kentkart has intensified its focus on innovative R&D projects, giving greater attention to intellectual property and innovation studies. Initially, innovative solutions were gathered through brainstorming sessions limited to R&D teams. However, with participation from other departments mandated through the InoSuit 2018 program by provided Türkiye Exporters Assembly, the need for systematic idea recording and evaluation emerged, leading to the implementation of an IIMS in the latter half of 2020. Despite being a new system, effective employee participation was ensured through promotions, workshops, and award incentives. Utilizing the company's intranet platform, 159 ideas were collected by the end of 2020, with 111 evaluated and 15 awards granted. Notably, 8 ideas with GPA above 70 and 7 ideas with GPA between 50-70 were acknowledged. The system's success was affirmed through a survey, incorporating employee feedback for continuous improvement. This engagement enhanced employee connection to the company and motivation. The IIMS facilitated the conversion of ideas into comprehensive R&D projects, exemplified by a paper-free initiative originating from two submitted ideas. These ideas addressed paper-based inefficiencies in product return processes, leading to a successful R&D project and a Turkish patent application numbered as 2021/021558 for a mobile rating system. The implementation of IIMS has not only increased the number of qualified R&D projects but has also contributed to intellectual property rights studies, ensuring financial returns for the company. Additionally, these initiatives

contribute to the development of innovative studies at a national level, fostering increased quality in R&D efforts and enhancing global competitiveness.

Conclusion

This paper emphasises the practical benefits of adopting an IIMS for organizations seeking to enhance innovation. The outlined procedure offers a roadmap for implementation, emphasizing potential advantages such as increased innovation output, engaged employees, satisfied customers, and improved financial performance. This information enables organizations to customize IIMS procedures based on their unique needs. While providing a foundation for understanding and implementing IIMS, the paper identifies avenues for future research. Long-term effects of IIMS on organizational capabilities, sustainability, and adaptability warrant exploration through longitudinal studies and comparative analyses. Additionally, investigating the impact of diverse rewards and recognition systems on employee motivation, creativity, and retention within IIMS can enhance practices. Understanding factors driving sustained employee engagement in idea generation contributes to ongoing refinement. Future studies may delve into integrating emerging technologies like artificial intelligence and machine learning for enhanced idea evaluation and implementation. Leveraging big data analytics and predictive modeling within IIMS could further improve innovation outcomes for organizations. In summary, the paper comprehensively explores IIMS, its evaluation, and potential to boost organizational innovation. Practical implications underscore the benefits of IIMS implementation, while future research opportunities focus on refining and advancing practices in the evolving landscape of innovation management.

Acknowledgements

This study was supported by Kent Kart Ege Elektronik A.S / R&D Center within the scope of R&D Project No: INO-T01.

References

- Basmacı, A.E., Pehlivan, K., Öznur, Ü. (2021). Türkiye Patent No. 2021/021558.
- Bessant, J., Tidd, J. (2013). *Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change*. Wiley.
- Brown, T. (2008). Design Thinking. *Harvard Business Review*, 86(6): 84.
- Cagnazzo, L., Botarelli, M., Taticchi, P. (2008). Innovation Management Models: A Literature Review, A New Framework, A Case Study. 3rd European Conference on Entrepreneurship and Innovation.
- Chen, T., Kenneth, C.H., Jin, Y., Li, S., Qiu, L. (2021). Impact of Competition on Innovations of It Industry: An Empirical Investigation. *Journal of Management Information Systems*,38(3): 647-666.
- Chesbrough, H.W. (2003). *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Harvard Business Press.
- Christensen, C.M. (2013). *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Harvard Business Review Press.

- Cooper, R.G. (1990). Stage-Gate Systems: A New Tool for Managing New Products, *Business Horizons*, 33(3): 44-54.
- Gerlach, S., Brem, A. (2017). Idea management revisited: A review of the literature and guide for implementation. *International Journal of Innovation Studies*, 1(2): 144-161.
- Idris, M.C., Durmuşoğlu, A. (2021). Innovation Management Systems and Standards: A Systematic Literature Review and Guidance for Future Research, *Sustainability*, 13(15): 8151.
- Jensen, A.R. (2012). A Literature Review of Idea Management. 9th NordDesign Conference, 22-24 August 2012, Denmark.
- Jiang, Z., Huang, Y., Beil, D.R. (2022). The Role of Feedback in Dynamic Crowdsourcing Contests: A Structural Empirical Analysis. *Management Science*, 68(7): 4858-4877.
- Kentkart, (2023). Available from: <https://www.kentkart.com/> [Accessed 9 May 2023]
- Koberg, C.S., Boss, R.W., Senjem, J.C., Goodman, E.A. (1999). Antecedents And Outcomes Of Employee Suggestion Program Participation. *Academy of Management Journal*, 42(5): 488-506.
- Laursen, K., Salter, A. (2006). Open for Innovation: The Role of Openness in Explaining Innovation Performance Among UK Manufacturing Firms. *Strategic Management Journal*, 27(2): 131-150.
- Liedtka, J. (2018). Why Design Thinking Works, *Harvard Business Review*, 96(5): 72-79.
- Melendez, K., Dávila, A., Melgar, A. (2019). Literature Review of the Measurement in the Innovation Management. *Journal of Technology Management & Innovation*, 14(2): 81-87.
- OECD. (2015). Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities. <https://doi.org/10.1787/9789264239012>
- OECD and Eurostat. (2018). Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition. Paris/Eurostat, Luxembourg: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- Quinn, R.E., Rohrbaugh, J. (1983). A Spatial Model of Effectiveness Criteria: Towards a Competing Values Approach to Organizational Analysis, *Management Science*, 29(3): 363-377.
- Roberts, E.B., Frohman, A.L. (1978). Strategies for improving research utilization. *Technology Review*, 80(5): 32-39.
- Temiz, S. (2021). Open Innovation via Crowdsourcing: A Digital Only Hackathon Case Study from Sweden, *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(1): 39.
- Vásquez-Urriago, Á.R., Barge-Gil, A., Rico, A.M. (2016). Science and Technology Parks and Cooperation for Innovation: Empirical Evidence from Spain. *Research Policy*, 45(1): 137-147.
- Zhang, X., Zhou, Y., Chen, J. (2016). How Does Suggestion System Work In China? *Journal of Innovation Management*, 4(2): 6-23.

Yeni Nesil Alümina Seramik Kumların Karakterizasyonu ve Aşındırma Özelliklerinin Etkisinin İncelenmesi

Hüseyin Adıgüzel¹, İsmailcan Tolga¹, Dila Vural¹, Memnune Murat¹,
Ali Cihan Çelik¹, Emre Yalamaç²

¹Inter Abrasiv AR-GE Merkezi, Manisa, Türkiye

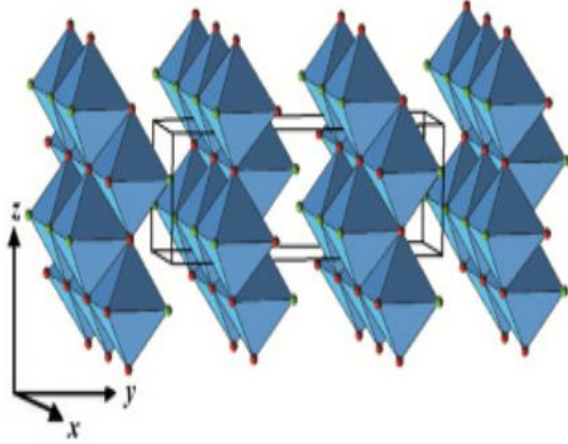
²Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Manisa Celal Bayar
Üniversitesi, Manisa, Türkiye

ismailcan.tolga@interabrasive.com

Giriş

Otomobil, mobilya, demir çelik (düşük-yüksek karbon), cam endüstrisi, beyaz eşya sektörü vb. alanlarda malzemelerin son işlemlerinde aşındırma, yüzey kalitesini iyileştirme, şekil verme, kaynak izlerini temizleme, döküm sonrası çapakları temizleme gibi işlemlerde aşındırıcı malzemeler kullanılmaktadır. Aşındırma işlemi için farklı türlerde fiber disk, flap disk, sonsuz bant vb. aşındırıcı ürünler bulunmaktadır. Bu ürünlerin kullanım ömrünü (performansını) ürünlerde aşındırıcı malzeme olarak kullanılan kumlar (parçacıklar) ve bunların ürüne kaplanma şekli belirlemektedir. Kullanılan kumlar ise türü, üretim yöntemi, boyutu ve şekilleri açısından çeşitlilik göstermektedir. Silisyum Karbür (SiC), Alümina (Al₂O₃), Zirkon (ZrSiO₄) en çok kullanılan aşındırıcı kum türleridir. Bu kumlar eritiş, reaktif sinterleme, sol-jel yöntemleri gibi pek çok farklı yöntemle, 2000 µm ile 500 µm aralığında değişen boyutlarda, düzensiz, üçgen ve dört yüzlü gibi çeşitli şekillerde üretilmektedir (Wood ve ark, 2018; Komanduri ve. Iyengar,2001].

Alümina seramik kumlar kullanılan diğer aşındırıcı kumlara göre aşındırıcılığı, mekanik özellikleri ve dayanıklılığı en yüksek olan kumlardır. Yeni nesil aşındırıcı malzemeler sol-jel yöntemi ile üretilen alümina (Korondum) seramik aşındırıcılardır. Alümina seramik aşındırıcı kumlarının sol-jel yöntemiyle hazırlanmasında başlangıç tozu olarak ön başlatıcı böhmüt (□- AlOOH) hammaddesi kullanılır. Böhmüt ortorombik kristal yapıdadır ve adı Alman jeolog Johannes Böhm’den almaktadır. Kristal yapısı Al-(O,OH) tabakalarından ve bu tabakalar ise kenar paylaşımlı oktahedrelerden oluşmaktadır (Şekil 1). Bu kenar paylaşımlı oktahedrelerin 4 köşesi Oksijen ve 2 köşesi ise OH iyonları tarafından paylaşılmaktadır (Bowles, 2021)



Şekil 1. Böhmitin yapısı Al-(O,OH) oktahedral, Oksijen kırmızı ve OH yeşil ile ve birim hücre siyah ile çerçevenmiştir (Bowles, 2021)

Yumuşak kimya ‘‘chimie douce’’ olarak da adlandırılan sol-jel prosesi, bir sol ya da jeli orta basamak olarak kullanıp geleneksel hazırlama metotlarından daha düşük sıcaklıklarda, çözültiden katı bir materyalin hazırlanması esasına dayanmaktadır (Şekil 2). Sol-jel yöntemi, tipik olarak mikro veya nano gözenekli bir karakter sergileyen camsı polimer ağları oluşturmak için alkoksit öncülerinden kaynaklanan eşzamanlı hidroliz ve yoğunlaştırma reaksiyonlarından oluşur (Jackson ve ark, 2006). Şekil 2’de sol-jel teknolojisinin farklı aşamalarının ve yollarının şematik gösterimi verilmektedir (Brinker ve Scherer, 1990).

Sol-jel yönteminin başlıca avantajları şunlardır (Toygun ve Köneçoğlu, 2013):

- Sol-jel ürünlerinin veya üretiminin tipik avantajları yerine getirildiğinde, ekonomik faktörler dikkate alındığında ekonomik olarak uygundur.
- Sol-jel süreci, yeni ürünlere uygulanmasıyla bilimsel ilerleme sağlanabildiğinde uygundur.
- Başlangıç hammaddelerinin homojen dağılımlarını elde etmenin kolay bir yolunu sağlar.
- Çözeltide kalıcı organik gruplaşmaların eklenmesine izin verir (böylece inorganik-organik hibrit malzemelere yol açar),
- Nispeten düşük sıcaklıklarda inorganik katıların yoğunlaştırılmasına izin verir,
- Aktif seramik tozlarının sentezini sağlar.
- Halojenürler veya alkoksitler gibi sol-jel başlangıç malzemeleri yüksek derecede ve saflıkta elde edilebilir.
- Son derece saf başlangıç malzemeleri mevcut olduğundan nihai üründe saflık sağlayan bir yöntemdir.
- Yoğunlaşma dışındaki tüm basamaklarda ihtiyaç duyulan sıcaklıklar düşüktür, oda sıcaklığına yakındır.
- Yaşlandırma ve kurutma koşulları kontrol edilebilir ayrıca gözenek boyutu ve mekanik mukavemet kontrol edilebilir.

- Ön başlangıç maddesinin uygun kimyasal modifikasyonu ile hidroliz ve yoğunlaşma hızı, gözenek boyutu, koloidal partikül boyutu ve son ürünün gözeneklilik, yüzey kimyası kontrol edilebilir.

Sol jel yönteminin başlıca dezavantajları ise;

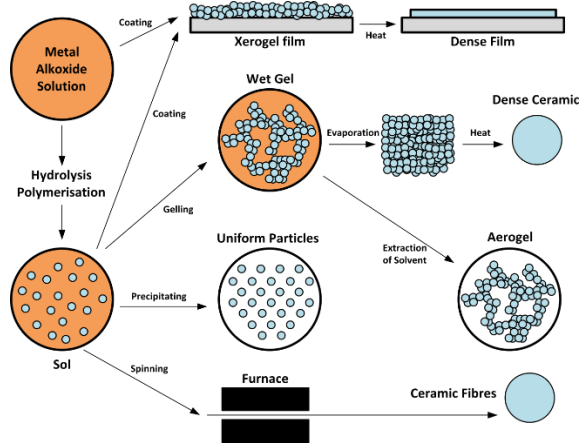
- Ön başlangıç maddeleri pahalı ve neme duyarlıdır ve yoğunlaşma sırasında boyutsal değişimler, kurutma sırasında çekme ve gerilme çatlakları oluşabilir.
- SiC aşındırıcılar, yüksek kırılgenlıkları ve kimyasal aşınmaları nedeniyle çelik parçaların taşlanması için uygun değildir. Pek çok korundum aşındırıcı türü, yüksek sertliğe ve keskin parçacıklara sahiptir ve bunlar, yüksek çekme mukavemetli malzemeleri veya çelik parçaları öğütür. Süper sert aşındırıcıların kullanılabilirliği geleneksel aşındırıcılardan daha iyidir, ancak üretim ve kullanım maliyeti nedeniyle dünyadaki aşındırıcı üretiminin yalnızca yaklaşık %0,05’ini oluşturmaktadırlar (Huang ve ark, 2021)

Bir sol-jel işleminde alümina bazlı seramik aşındırıcı taneciklerin hazırlanması, genellikle ağırlıkça yaklaşık %2 ile %60 arasında alüminyum oksit monohidrat (böhmit) içeren bir dispersiyonun hazırlanmasıyla başlar. Bu alüminyum oksit monohidratlar yüksek saflık ve yüksek bir yüzey alanına sahiptirler. Tercih edilen çözücü deiyonize sudur. Daha stabil bir hidrosol veya koloidal dispersiyon üretmek için böhmit dispersiyonunda bir peptitleştirici ajan kullanılabilir. Peptize edici ajan olarak kullanılabilen monoproitik asitler arasında asetik, hidroklorik, formik ve nitrik asitler bulunur. Genelde nitrik asit tercih edilir (Çelikkaya, 1994)

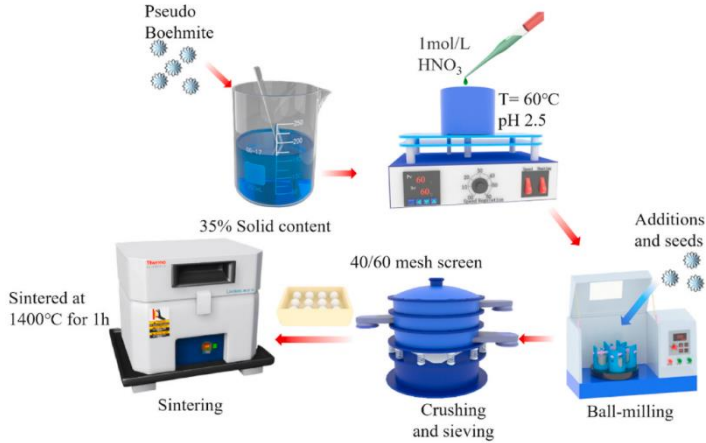
Dispersiyon, bitmiş ürünün arzu edilen bazı özelliklerini geliştirmek veya sinterleme aşamasının etkinliğini arttırmak için eklenebilen değiştirici katkı maddesi içerebilir. Bu katkı maddeleri tek başına sinterlemeyi teşvik edebilir, sinterleme aktivasyon enerjisini azaltabilir ve ince taneli mikro yapılar elde edebilir (Jackson ve ark, 2006)

Modifiye edici katkı maddeleri magnezya, alfa alümina (α -Al₂O₃, MgO, vb.), çözünür tuzlar, tipik olarak suda çözünür tuzlar biçiminde olabilir. Tipik olarak metal içeren bir bileşikten oluşurlar örneğin; magnezyum, çinko, demir, silikon, kobalt, nikel, zirkonyum, hafniyum, krom, itriyum, praseodim, samaryum, iterbiyum, neodimyum, lantanyum, gadolinyum oksitlerinin bir öncüsü olabilirler. Tipik olarak, bir modifiye katkı maddesinin eklenmesi, dispersiyonun hızlıca jelleşmesine neden olacaktır. Dispersiyon ayrıca belirli bir süre boyunca ısı uygulanmasıyla jelleşmeye de neden olabilir (Brinker ve Scherer, 1990; Toygun ve Köneçoğlu, 2013)

Şekil 3’te sol-jel yöntemiyle korundum aşındırıcı kum hazırlanması basamakları gösterilmektedir (Zhao ve ark., 2022)



Şekil 2. Sol Jel teknolojisinin farklı aşamalarının ve yollarının şematik gösterimi (Brinker ev ark., 1990)



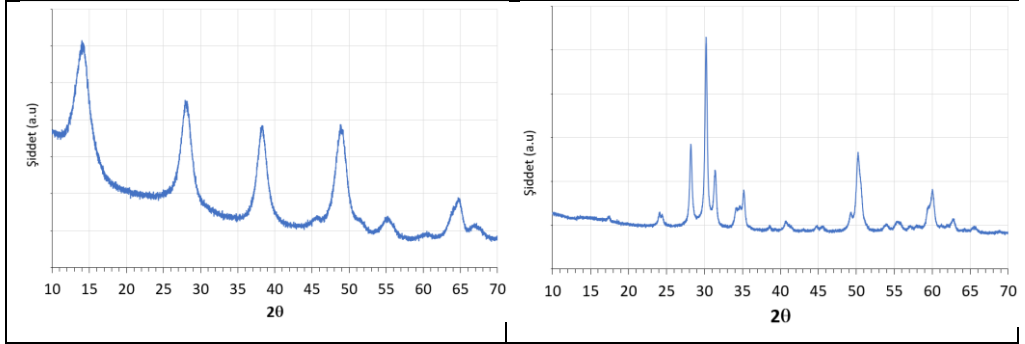
Şekil 3. Sol-jel yöntemiyle korundum aşındırıcı hazırlanması (Zhao ve ark, 2022)

Materyal ve Metot

Bu çalışmada yeni nesil alümina seramik kumların üretimi, karakterizasyonu ve nihai ürünün aşındırma özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Tedarik edilen hammadde ve yardımcı kimyasallar ile deneysel çalışmalar yapılmıştır. Yaklaşık %35 katı oranında hazırlanan solüsyon litre başına bir mol kadar nitrik asit eklenerek pH değeri ayarlanmaktadır (Şekil 3). Daha sonra katkı maddeleri eklenerek karışım hazırlanmaktadır. Jelleşme sonrası macun kıvamına gelen jelle kurutma işlemi uygulanmıştır. Kurutma sonrası kırılarak belirli boyuta getirilen parçacıklar son olarak belirli sıcaklıkta kalsinasyon ve sinterleme işlemine tabi tutulmuştur. Firma bünyesinde üretilen kumların mekanik, fiziksel ve kimyasal özellikleri XRD, SEM, Sertlik ve yoğunluk cihazları ile test edilmiştir.

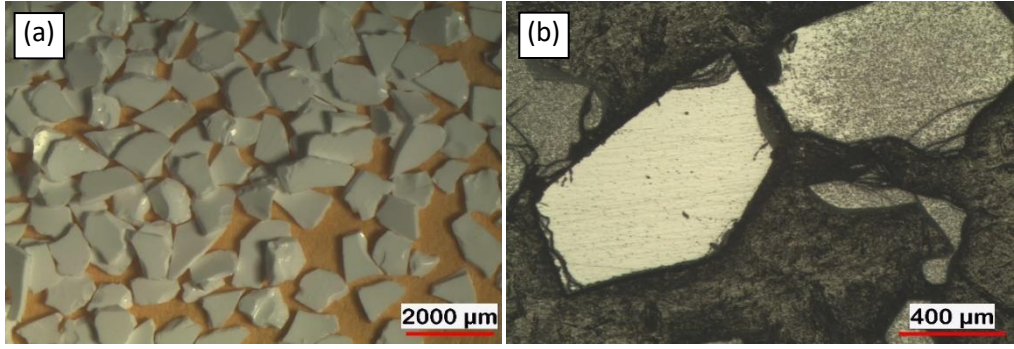
Bulgular ve Tartışma

Temin edilen hammadde böhmit ve zirkonya tozlarına Empyrean, Malvern Panalytical pixel detector difraktometre ile XRD analizleri yapılmıştır (Şekil 4.). Cu-K α ($K\alpha = 1.54187 \text{ \AA}$) ışınması kullanılmış ve 45 kV ve 40 mA voltaj ve akım koşullarında incelenmiştir. Tarama hızı 0.08 derece/saniye ve 2 teta (10-70) derece aralıklarında incelenmiştir. Tianjin Boyuan New Materials Co. Ltd. firmasından temin edilen Böhmit ön başlatıcı tozunun XRD analiz sonucu şekil 4’te gösterilmektedir. Böhmit tozunun XRD analizinde sadece Alümiyum oksit hidroksit [AlO(OH)] fazı tespit edilmiştir.



Şekil 4. XRD analiz sonuçları a) Böhmit ve b) Zirkonya toz hammaddeleri.

Sinterleme sonrası elde edilen kumlar öncelikle stereo mikroskop ve optik mikroskop altında incelenmiştir. Kırılarak belirli boyutlara getirilen kumların şekilleri ve boyutları için öncelikle kumlar Stereo mikroskop ile incelenmiştir (Şekil 5a). Kumların keskin köşeleri olan ve üretim sırasında tepsilere serilmesinden kaynaklı yapraksı yapıda oldukları görülmektedir. Daha sonra sertlik için kalıplanan ve zımparalanıp, parlatılan kumların görüntüleri optik mikroskop ile incelenmiştir (şekil 5b). Kumların parlatma işlemine bağlı yüzeylerinin düz ve pürüzsüz ve köşeli yapıda olduğu görülmektedir. Deneysel çalışmalar sonucu elde edilen Vickers Sertlik ve yoğunluk ölçümü Tablo 1’de verilmektedir. Deneme III’ün en yüksek yoğunluk ve sertlik değeri gösterdiği ölçülmüştür. Kullanılan zirkonya katkısı ve sinterleme sıcaklığına bağlı aşındırıcı kumların sertlik ve yoğunluk değerlerinin arttığı görülmüştür.

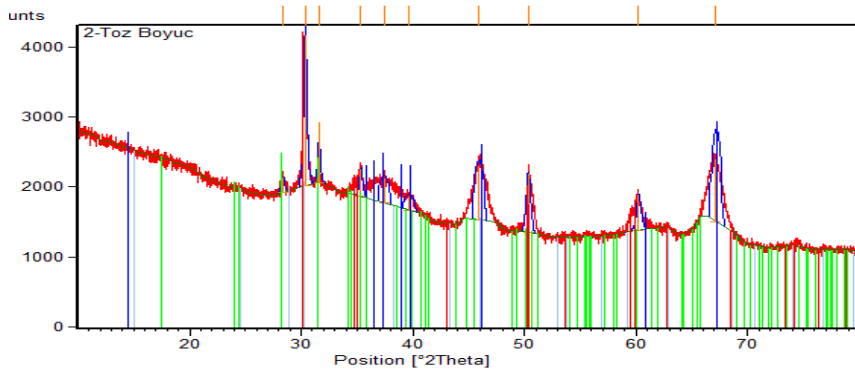


Şekil 5. Elde edilen nihai ürünlerin a) stereo ve b) optik mikroskop görselleri

Tablo 1. Yapılan deneylere ait sertlik (HV1) ve yoğunluk (g/cm^3) yapılan reçeteler.

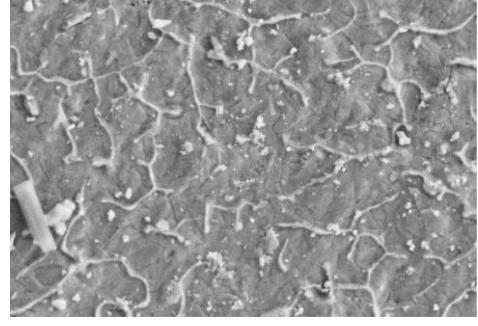
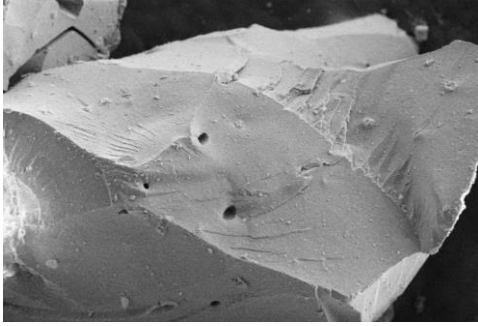
Deneme No:	Sertlik (HV1)	Yoğunluk (g/cm^3)
Deneme I	1214,6	3,55
Deneme II	1560,0	3,69
Deneme III	1855,0	3,80

Tianjin Boyuan New Materials Co. Ltd. firmasından temin edilen Böhmit ön başlatıcı tozu ile hazırlanan Deneme I'e ait XRD analiz sonucu Şekil 6'da gösterilmektedir. Yapı içerisinde alümina fazı ve ikincil zirkonya fazının olduğu görülmüştür.

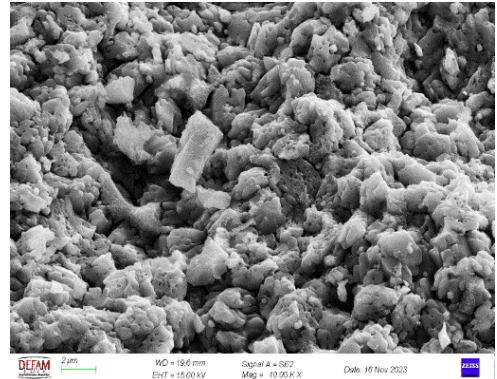
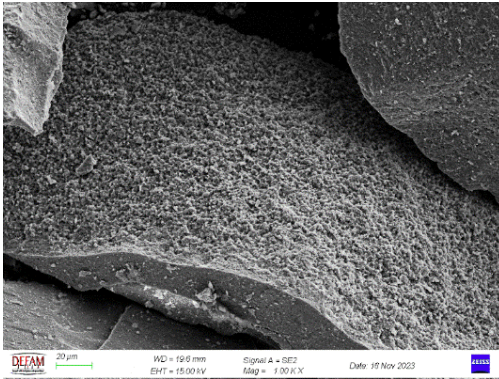


Şekil 6. Deneme I'e ait XRD analiz sonuçları.

XRD analizi yapılan numuneler ayrıca elektron mikroskop altında mikroyapı incelemesi yapılmıştır (Şekil 7 ve 8). SEM analizi sonuçlarında mikroyapı içerisinde gözeneklerin ve dağılmayan modifiye edici kimyasal katkıların olduğu görülmüştür. Elde edilen SEM görüntülerinde tane boyutunun 1-2 µm seviyelerinde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 7. II. Numaralı denemeden elde edilen nihai ürünlerin kırık yüzey SEM görüntüleri



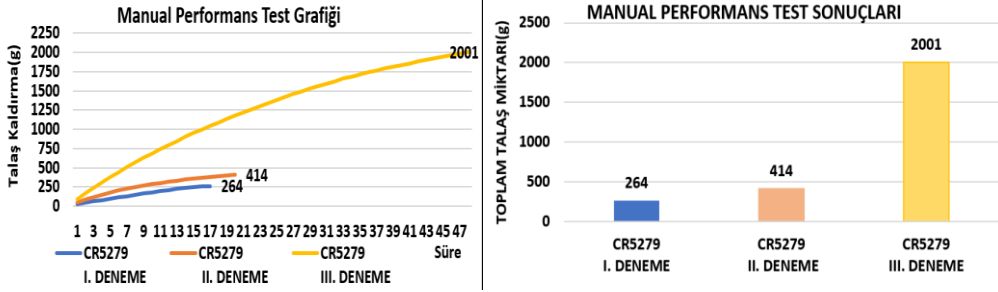
Şekil 8. III. Numaralı denemeden elde edilen nihai ürünlerin kırık yüzey SEM görüntüleri.

Performans Test sonuçları

Elde edilen nihai seramik kum numunelerine üretim hattında kaplama işlemi yapılmıştır. Kum kaplama işlemi elektrostatik kaplama yöntemi ile yapıлып performans testine tabii tutulmuştur. Performans testi St37 metal malzeme üzerinde 11000 dev/dak da çalışan taşlama makinesinde 5’er dakikalık periyotlar halinde ürünler tükenene kadar yapılmıştır.

Performans test sonuçları şekil 9’da gösterilmektedir. III numaralı deneme ürününün performansı deneme I ve deneme II numunelerine kıyasla en iyi talaş kaldırma ve kesme hızı sonucu vermiştir (Şekil 9). Elde edilen performans test sonuçları tablo 2’de özetlenmiştir. Bu sonuçları değerlendireceğimizde I. Denemeden III. Denemeye doğru üretim processinde yapılan iyileştirmelere bağlı elde edilen seramik kumun hem aşındırıcı özelliğinin hem de çalışma

ömrünün iyileşme kaydedildiği görülmüştür. III. Deneme numunesinin ticarileşme potansiyeli bulunmaktadır.



Şekil 9. Manual performans testi talas kaldırma – (a) süre grafiği ve (b) süre sütun grafiği

Tablo 2. St37 metal malzeme üzerinde yapılan performans testi sonuç tablosu.

Manual Performans Testi	I. Deneme	II. Deneme	III. Deneme
Talas Kaldırma (g)	264	414	2001
Çalışma Süresi (dak)	85	100	250
Kesme Hızı (g/dak)	3,11	4,14	8,00

Kaynakça

Wood, T.R., Erickson, D.D., Schwabel, M.S., Goodbrake C.J. (2018)., Chapter 68 Sol-Gel Abrasive Grains History, Precursor Properties, and Microstructural Control, in: Handb. Sol-Gel Sci. Technol., 2031–2048.

Komanduri, R., Iyengar, S. (2001). Conventional and Super Abrasive Materials, Encycl. Mater. Sci. Technol. 1629–1651. doi:10.1016/b0-08-043152-6/00288-6.

Bowles, J.F.W. (2021). Hydroxides, in: D. Alderton, S.A. Elias (Eds.), Encycl. Geol. (Second Ed., Second Edition, Academic Press, Oxford, 2021: pp. 442–451. doi:https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102908-4.00162-4.

Jackson, C.L., Bauer, B.J., Nakatani, A.I., Barnes, J.D. (1996). Synthesis of Hybrid Organic–Inorganic Materials from Interpenetrating Polymer Network Chemistry, Chem. Mater. 8, 727–733. doi:10.1021/cm950417h.

Brinker, C., Scherer, G.W. (1990). Sol-Gel Science: The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing, Sol-Gel Sci. Phys. Chem. Sol-Gel Process. 1–908. doi:10.1016/C2009-0-22386-5.

Şafak Toygun, Y.K., Köneçoğlu, G. (2013). General Principles of Sol - Gel, J. Eng. Nat. Sci. Mühendislik. Sigma 31, 456–76. doi:10.1186/s13256-017-1510-1.

Huang, B., Li, C., Zhang, Y., Ding, W., Yang, M., Yang, Y., Zhai, H., Xu, X., Wang, D.,

Debnath, S., Jamil, M., Li, H.N., Ali, H.M., Gupta, M.K., Said, Z. (2021). Advances in fabrication of ceramic corundum abrasives based on sol–gel process, Chinese J. Aeronaut. 34, 1–17. doi:10.1016/j.cja.2020.07.004.

Çelikkaya, a. (1994). Abrasive Grain, Method of Making Same and Abrasive Products, Patent. Publication of CA2138532A1

Zhao, J., Li, Z., Zou, L., Zhao, Y., Tang, H., Xu, Y. (2022). Microstructure and grain growth mechanism of corundum abrasive with La₂O₃–TiO₂–SiO₂ composite additives, Vacuum. 201 111120. doi:10.1016/j.vacuum.2022.111120.

Multifonksiyonel Akıllı Nanofiber Malzemeler: Elektrospın ile Elde Edilen Silisyum QD Modifiye Seluloz Asetat Nanofiberlerin Kolorimetrik Sensör Olarak Kullanılması

Merve Esra Üngör¹, Gökçe Asan¹, Yüksel Abalı², Osman Arslan^{1*}

¹İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Müh., 34303, İstanbul/Türkiye

²Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kimya Bölümü, 45140 Yunussemre, Manisa/Türkiye

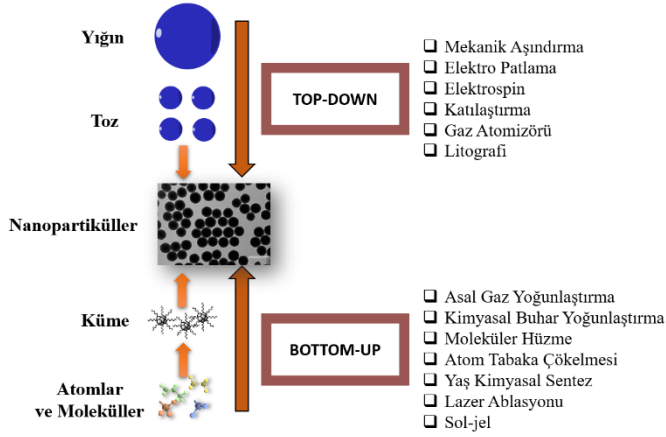
Email: celik.merve@std.izu.edu.tr

*Email:o.arslan@izu.edu.tr

Giriş

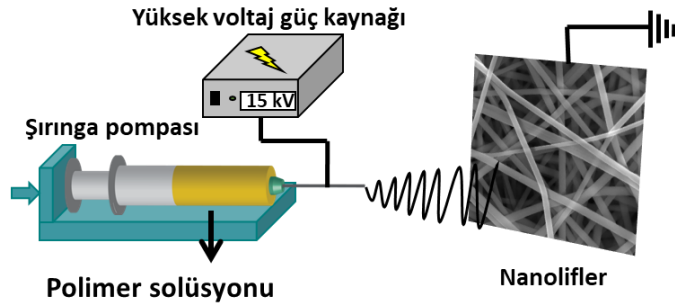
Nanoteknoloji, özel kuantizasyon seviyelerine, ayarlanabilir yapısal özelliklere ve belirli kompozisyonlara sahip nanomateryallerin çeşitli sentez yöntemleri kullanılarak üretilmesine olanak tanır. Bu üretilen nanomateryaller, tıp, çevre bilimleri, ulaşım, elektronik, enerji operasyonları, gıda güvenliği gibi birçok alanda uygulama bulmaktadır. Nanoteknoloji, daha büyük yüzey alanı, kuantum etkileri, kendi kendine montaj, manyetik özellikler gibi eşsiz özelliklere sahip faydalı malzemelerin üretilmesini mümkün kılar.

Nanomateryallerin üretimi genellikle iki farklı mühendislik prensibi olan top-down ve bottom-up üzerine dayanmaktadır. Nanomateryallerin üretim metotları Şekil 1’de verilmiştir. Top-down yöntemi, büyük bir malzemenin aşamalı olarak nano boyuta indirgenmesi sonucunda nanopartiküller elde edilmesini iken (Bera et al., 2010), bottom-up yöntemi atomlar veya moleküllerden başlayarak birleştirilip yükseltilmesiyle nanopartiküller oluşturur (Abid et al., 2021). Her iki yaklaşımın kendine özgü avantajları ve sınırlamaları bulunmaktadır. Sentez yönteminin seçimi, uygulama alanına yönelik nanopartiküllerin başarılı bir şekilde sentezlenmesinde kritik bir rol oynar (Rane, vd., 2018). Aşağıdan yukarıya yaklaşımda elde edilen nanopartiküllerin şekil ve boyutlarını kontrol etmek daha kolaydır, bu da spesifik uygulamalara yönelik özel tasarımların oluşturulmasını sağlar (Gawande, vd., 2016). Bu bakımdan, her iki yaklaşımın da benzersiz özellikleri, nanomateryal sentezinin ve tasarımının karmaşıklığını anlamak ve optimize etmek için dikkate alınmalıdır.



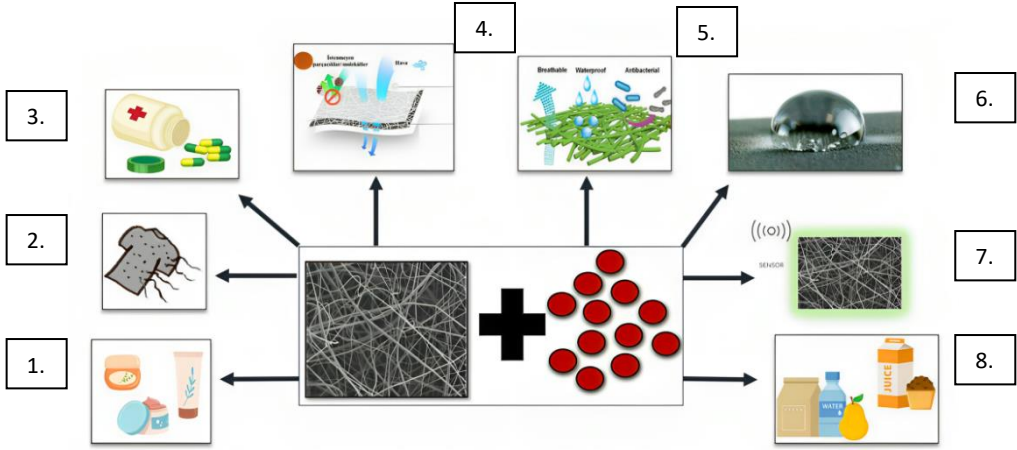
Şekil 1 Nanoyapıların sentez yöntemlerinin şematize edilmesi.

Elektrosplin yöntemi, top-down sentez yöntemlerinden birini temsil eder ve polimerik çözeltiyi elektrik alanına maruz bırakarak nanometre çapında liflerin veya fiberlerin üretimini gerçekleştirir. Aslında, bu metot 1 boyutlu (1D) malzeme sentezine uygun bir yöntem olarak da tanımlanabilir. Bu üretim süreci, özellikle nanoliflerin oluşturulmasında etkili bir yaklaşım sunar; çünkü çözelti elektrik alanındaki kuvvetlere maruz kaldığında, lifler belirli bir düzen ve çap içinde oluşur (Pattnaik et al., 2022). Elektrosplin düzeneğinin şematik gösterimi Şekil 2’de verilmiştir. Şırınga pompası, belirli bir iğne ucu çapına sahip şırınga içindeki polimerin elektrik alanındaki gerilimine bağlı olarak akış hızını hassas bir şekilde ayarlar. Bu süreçte, polimer çözeltisindeki sıvı damlacığında elektrik yüklerinin birikmesi, Taylor konisinin oluşumuna yol açar. Taylor konisi, sıvının belirli bir gerilim ve elektrik alana maruz kaldığında, yüzeyde konik bir ara yüzeyin ortaya çıkmasıyla karakterizedir ve özellikle belirli bir açıda meydana gelir (Taylor, 1964). Taylor konisinin oluşumunun ardından, polimerik sıvının gerilim ve elektrik alanı nedeniyle jet oluşur. Jet ilerlerken çözücü buharlaşır ve kollektörde fiberlerin düzenli bir şekilde toplandığı gözlemlenir.



Şekil 2 Elektrosplin düzeneğinin şematik gösterimi.

Nanofiberler, birbirini örtmeden birden fazla özelliği barındırabilme yetenekleri nedeniyle nanoteknolojide özel bir uygulama alanına sahiptir. Örneğin, elde edilen fiberler; bakteriyel, fotokatalitik ve sensör uygulamalarına aynı anda uygun hale getirilebilmektedir. Bu, nanofiberlerin çok yönlü kullanımını mümkün kılar ve daha geniş uygulama alanlarına olanak tanır.



Şekil 3 Multifonksiyonel nanoyapıların (1.kozmetik, 2. tekstil, 3. ilaç endüstrisi, 4. filtrasyon sistemleri, 5. antibakteriyel, 6. süperhidrofobik yüzeyler, 7. sensör uygulamaları ve 8. gıda ambalajlarında) kullanılması.

Nanofiberlere nanopartiküllerin entegre edilmesi sonucunda ortaya çıkan çeşitli kullanım sektörleri, Şekil 3’te gösterilmiştir. Bu sayede multifonksiyonel fiber malzemeler elde edilebilir. Kuantum partikülleri veya nanopartiküller, dekorasyon ve fonksiyonellik getiren bir katkı olarak kullanılabilir. Bu partiküller metal (Ag nanopartikülü, Au nanopartikülü), yarı iletken (ZnO, TiO₂, CdS) veya yalıtkan (SiO₂, SiC) sınıftan olabilir (Bhushan, 2016).

Kuantum partiküller ise bu genel sınıflandırmadan farklı enerji seviyelerine sahiptir. Elektronların iletkenlik bantına geçişi, kısa ömürlü uyarılmış elektronların oluşmasına yol açar (Akkerman, 2019). Bu elektronlar valens bandında arkalarında bıraktıkları pozitif yükün bir tanımı olarak delikler (hole), hızlı rekombine olarak belirli bir enerji seviyesine karşılık gelen fotonları yayabilir (Li & Chu, 2018). Sonuç olarak, kuantum partikülleri, enerji seviyelerindeki farklılıklardan kaynaklanan görünür bölge emisyonuna sahiptir. Bu yapıların uygulamaları arasında kataliz, fotodetektörler, fotoiletkenler, ışık yayan diyotlar, sensör malzemeler bulunur ve bu partiküller benzersiz optik ve elektronik özellikleri sergilerler (Ersöz et al., 2018). Mükemmel optik özelliklere, biyouyumluluğa ve kontrol edilebilir yüzey fonksiyonelliğine sahip olan Silikon Kuantum Noktaları (SiQDs), geleneksel ağır metaller içeren kuantum noktalara kıyasla daha güvenli bir fotoluminesans malzemesi olarak bir alternatif sağlamaktadır (Roy et al., 2018).

Biz bu çalışmamızda, UV indirgeme tekniği kullanarak, Silikon kuantum partiküllerini ürettik (SiQDs) ve bu kuantum partiküllerini elektrospin yöntemi ile ürettiğimiz selüloz asetat nanofiberlerinin üzerine dekore ederek, kolorimetrik sensör olarak kullanılabilen multifonksiyonel selüloz asetat nanofiber üretimi gerçekleştirdik. Birden fazla özelliğe sahip bu nanofiber yapısındaki görünür bölge emisyonu uygulama ve tanımlaması daha farklı ve geniş uygulamalara bir örnek sağlamaktadır.

Materyal ve Metot

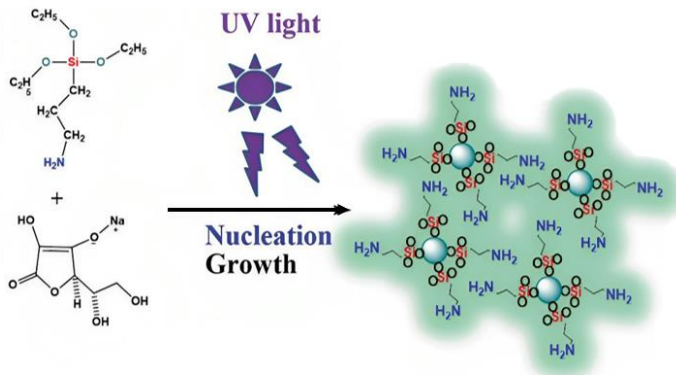
Deneysel çalışmalarda, selüloz asetat (CA, Mn:50,000), dimetilformamid (DMF), aseton (Ac), L-askorbik asit ve etanol (EtOH) Sigma Aldrich'den ve (3-Aminopropyl) trieoksisilan (APTES) Dynasylan, Evonik endüstriden temin edilmiştir.

Selüloz Asetat Nanofiber Eldesi

%13,5'lük bir selüloz asetat (CA)'ın aseton/DMF çözeltisi, homojen bir hale gelene kadar manyetik karıştırıcıda karıştırıldı. Elektrospin işlemi, %65-80 bağıl nem ve 20-25°C ortam koşullarında gerçekleştirildi. Elektrospin uygulaması 1 mL/saat akış hızıyla ve 17,5 kV potansiyel uygulanarak, 10 cm mesafeden uygulanan elektrik alanı ile kollektörde fiberlerin toplanmasını sağladı. Daha sonra fiberlerin fiziksel, yüzeysel ve kimyasal özellikleri saptandı.

Silikon Kuantum Patriküllerinin Sentezi

Silikon (Si QD) kuantum partikülleri üretimi için, APTES'e %5 w/v L-askorbik asit eklenerek 20 ml'ye tamamlanan özel bir çözelti titizlikle hazırlandı. Bu çözelti, Silikon kuantum partiküllerinin sentezi için Osram Ultravitalux marka 300 W UV ışığı kaynağı altında manyetik karıştırıcıda homojen bir şekilde karıştırılırken, çekirdeklenme ve büyümeyi desteklemek amacıyla belirli bir süre ve periyot boyunca UV ışığına maruz bırakıldı. Sentez yöntemi Şekil 4'te sematize edildi.



Şekil 4 Silikon kuantum partiküllerinin UV ışığı ile sentezi. (Arslan & Uyar, 2017b)

Selüloz Asetat Nanofiber Yüzeysel Modifikasyonu (Dip-Coating)

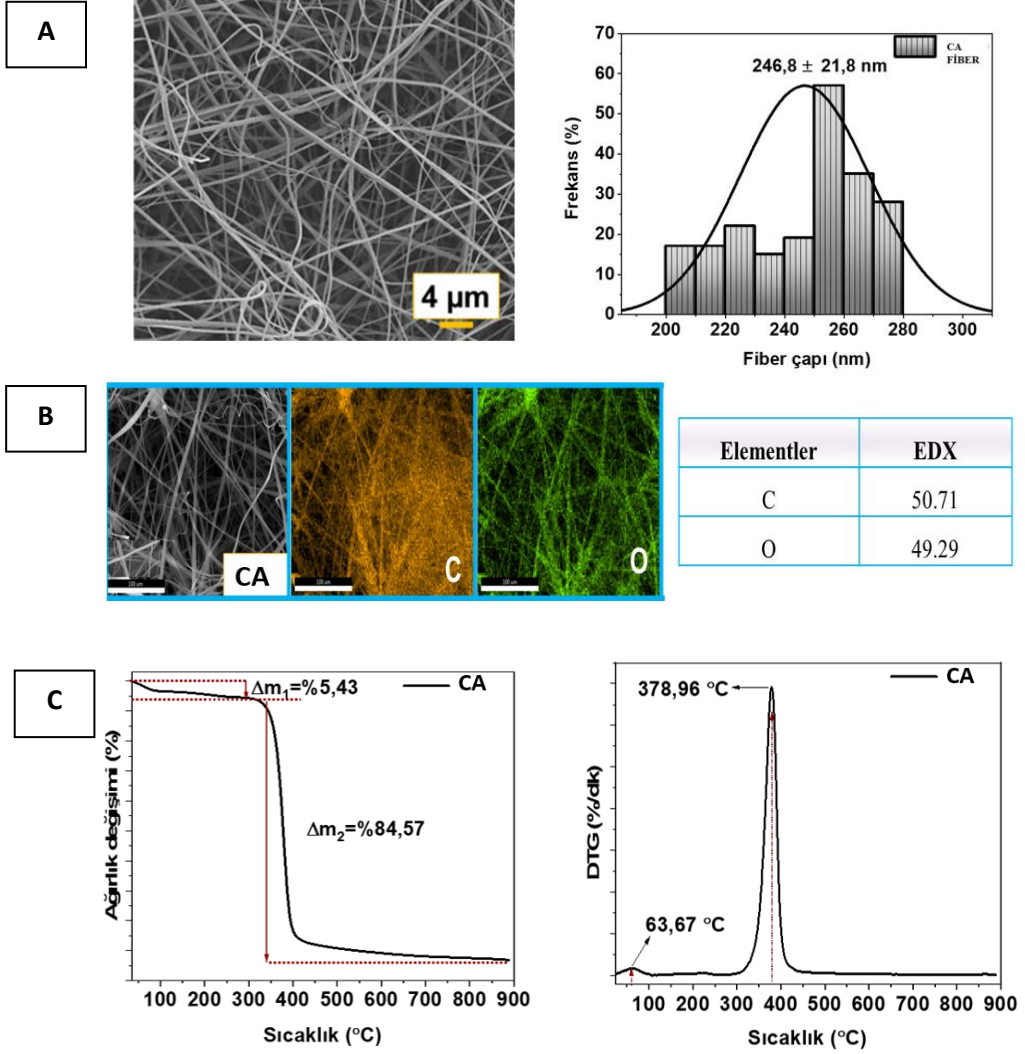
Üretilen selüloz asetat (CA) nanofiberinden 1x1 oranında bir parça, laboratuvar yapımı bir dip-coating sistemi kullanılarak Si QD çözeltisine daldırıldı ve yüzey modifikasyon aşaması tamamlandı. Çekme işlemi belirli bir hızda gerçekleştirildi. Yüzeyi modifiye edilen nanofiber, 90°C'lik bir etüvde 5 dakika boyunca kurumaya bırakıldı. Elde edilen dekore edilmiş fiberlerden gerekli analizler sağlandı.

Bulgular ve Tartışma

CA Nanofiberin Karakterizasyonu

Elde edilen CA nanofiberler, SEM, EDX, TGA ve XRD analizlerine tabii tutuldu. İlk olarak, yüzey morfolojilerinin incelenmesi amacıyla SEM analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen fiberler, oldukça homojen bir çap dağılımına sahiptir ve ortalama çap dağılımı $246,8 \pm 21,8$ nm olarak belirlendi. Fiberlerin homojen ve boncuk benzeri problemleri içermediği gözlemlenmiştir. Temel olarak, fiberlerin yakınlştırıldığında gözenekli yapıların yerine oldukça kompakt ve delik veya çökme içermeyen bir fiziksel yapıya sahip olduğu görülmektedir. Fiberler, büyük oranda aynı yarıçapa sahip olduklarından dolayı, uygulanacak dekorasyon sonrasında homojen bir yapıdan sapma beklenmemektedir.

EDX analizleri ile numune içerisinde bulunan elementlerin dağılımı belirlenmiştir. Yapıda sadece karbon ve oksijen yapıları, ölçülmeyen hidrojen haricinde spektrumda gözlemlenmiştir. Ayrıca, atomik haritalama yöntemiyle var olan atomik yapının analizi gerçekleştirilmiştir. Analizler ve atomik haritalama sonuçları, sentezlenen fiberlerin beklenildiği gibi saf bir karbon ve oksijen içeriğine sahip olduğunu ortaya koymuştur.

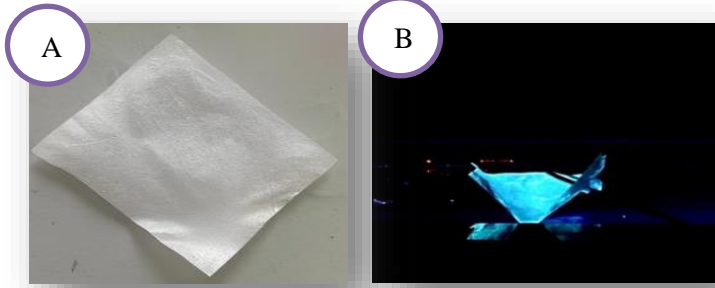


Şekil 5 CA nanofiberin SEM görüntüsü ve fiber çap dağılım grafiği (A). CA nanofiberin EDX görüntüsü ve element dağılım tablosu (B). CA nanofiberin TG-DTA grafikleri (C).

TG-DTA grafikleri de CA nanofiberlerin termal karakteri hakkında bilgi vermektedir. Yaklaşık 350°C'ye kadar yüzeyde adsorbe olan su molekülleri ve varsa solvent molekülleri uzaklaşır ve termal bozunma başlamaz. Bu noktaya kadar yaklaşık %5-6'luk bir kayıp gözlenir. Bu sıcaklıktan sonra, tek bir aşamada yaklaşık %85'lik bir kayıp meydana gelir ve toplamda yaklaşık %92-93'lük bir kayıp kaydedilir. Bu, literatürle uyumlu bir şekilde en sonunda karbonize yapının sıcaklık dayanımını göstererek termal karakteri ortaya koymaktadır. DTA grafiği, 379°C'de büyük bir pik ile kaybın gerçekleştiği noktayı açıkça gösterir. CA fiberi için SEM analizleri, EDX analizleri ve atomik haritalama sonuçları ve TG-DTA sonuçlarıyla birlikte Şekil 5'te sunulmuştur.

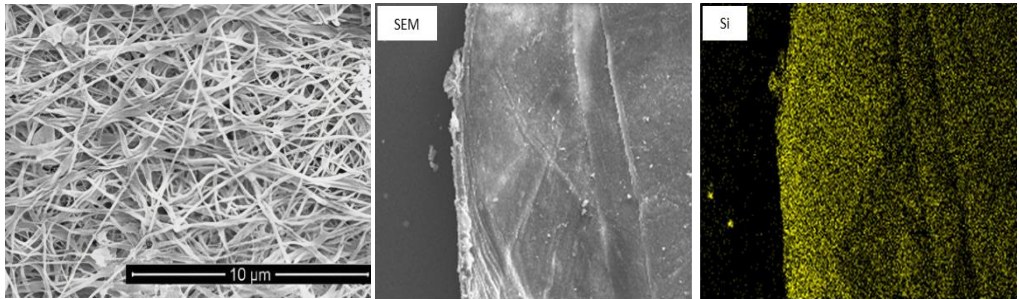
Si QD Dekore Edilen CA Nanofiberlerinin Karakterizasyonu

Görünür bölge emisyon özelliği göstermeyen CA nanofiberlere bu özelliği sağlamak üzere CA fiberlerinin Si QD çözeltisine daldırılması ve kurutulması gerçekleştirildikten sonra turkuaz-yeşil bir emisyon sağlayıcı hale geldiği açık bir şekilde gözlenmektedir. UV lambası ile uyarılma sonucu dekore edilmiş ve edilmemiş fiberlerin arasındaki fark açık bir şekilde görülmektedir. Muhtemelen kurutma ve çekme nedeniyle başlangıçta kullanılan CA nanofiberi bir miktar hacim kaybetmiş gözükmektedir.



Şekil 6. CA nanofiberlerin Si QD dekorasyonu sonrası gün ışığında ve UV uyarılması sonucu görselleri

Si QD ile modifikasyon sonrasında, sulu çözeltiliye daldırma işlemi gerçekleştirildiği için yarıçaplarda bir miktar büyüme gözlenmiştir. Ayrıca, nanofiberlerin birleşme noktalarında üst üste binme nedeniyle bir birikme oluştuğu gözlenmektedir. Ancak, görece olarak yapı büyümesine rağmen geometrik bir bozulmadan bahsedilemez. Si QD'nin CA üzerindeki atomik haritalama yöntemiyle saptanması sonucunda, yüzeyde Si QD birikmesi açıkça belirlenmiştir. CA nanofiberleri yüzeylerinde kısmen serbest -OH grupları içermektedir ve bu gruplar, sentezlenen Si QD kuantum partiküllerinin alkoksi veya -OH gruplarına bağlanacak noktalar sağlamaktadır. Bu nedenle, kurutma sonrasında kimyasal bir Si QD bağlanmasının nanofiber yüzeyinde oluştuğundan bahsedilebilir.

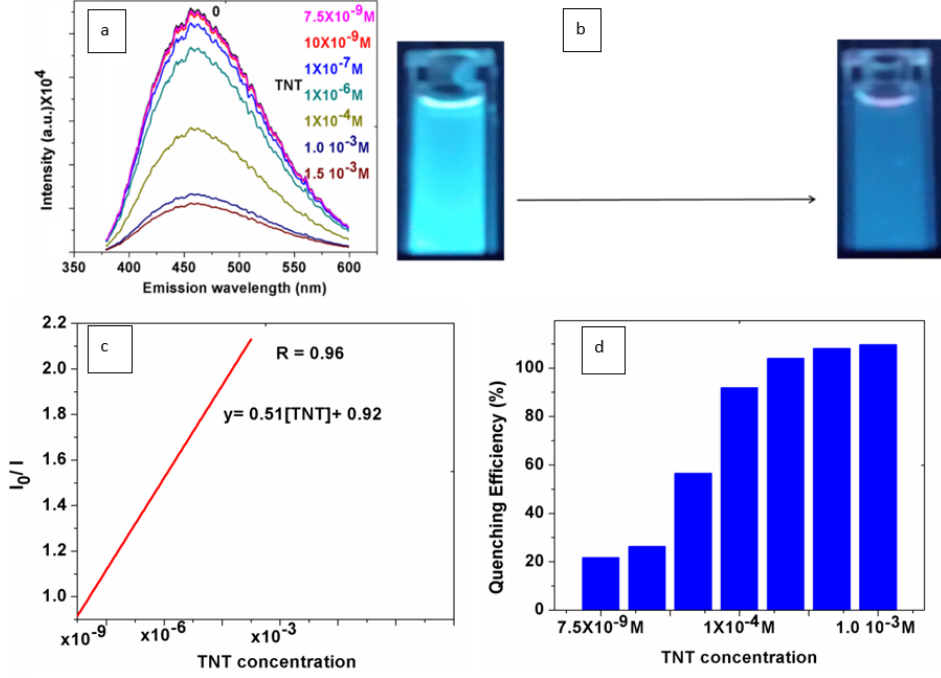


Şekil 7. Yüzeyi SiQDs ile modifiye edilen CA nanofiberlerin SEM ve EDX görüntüleri.

SiQDs Modifiye CA nanofiberin Kolorimetrik Sensör Olarak Kullanılması

Si QD dekorasyonu sonrası kimyasal olarak modifiye edilen CA nanofiberleri kolorimetrik sensör olarak kullanılabilir durumdadır. Si QD yapısının aromatik nitro içerikli TNT sensörü olarak kullanılabilmesi için konsantrasyona bağlı olarak Volmer grafiği çizildiğinde belirtilen

konsantrasyonlarda bir söndürme gerçekleştiği PL spektroskopisi ile gösterilmiştir. Dolayısı ile benzer şekilde gerçekleştirilen sensör uygulamalara TNT için benzer sonuçları ortaya koymakla birlikte elde edilen düzenek benzer diğer yapıların, metabolitlerin, biyolojik önemli moleküllerin saptanması için belirlenmiş bir yöntem olarak ortaya çıkar.



Şekil 8. a) TNT ile Si QD'nin UV-Vis söndürme deneyleri b) TNT ile Si QD'nin söndürülmesine dair görsel gözlem için temsil edici görüntü c) Söndürme deneyleri için Volmer-Stern grafiği d) Söndürme deneylerinin sütun temsili.

Sonuç olarak, bu çalışmada nanofiber matris yapılarının nano veya kuantum partikülleri ile modifikasyonları sonrasında multifonksiyonel akıllı malzemelerin ortaya çıkışı tartışılmıştır. Nanofiberleri matris olarak kullanarak kuantum partiküllerinin çeşitli alanlarda kullanıma uygun ve farklı özelliklerde üretilebilmeleriyle umut vadeden gelecek uygulamalarından bahsedilebilir. Bu sayede yeni bir malzeme alanı oluşmakta ve elektrospin yöntemi ile elde edilen nanofiberler, birden fazla fonksiyonun yüklenmesi ile multifonksiyonel bir malzeme olarak kullanılabilir.

Bu çalışmada, selüloz asetat nanofiberine SiQDs yüzey modifikasyonu gerçekleştirilerek bu lifin kolorimetrik amaçlarla kullanımının mümkün olduğunu ve TNT için uygun bir sensör olabileceğini göstermiş olduk. İlerleyen çalışmalarda elde edilen bu nanofibere farklı özelliklerin yüklenmesiyle çoklu amaçlara uygun bir multifonksiyonel fiber elde etmeyi amaçlamaktayız.

Teşekkür

Bu çalışma İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi (İZÜ) BAP birimi tarafından 2023-31 nolu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı İZÜ Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimine teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Abid, N., Khan, A., Shujait, S., Chaudhary, K., Ikram, Dr. M., Imran, M., Haider, J., Khan, M., Khan, Q., & Maqbool, M. (2021). Synthesis of nanomaterials using various top-down and bottom-up approaches, influencing factors, advantages, and disadvantages: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 300, 102597. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2021.102597>
- Arslan, O., & Uyar, T. (2017). Multifunctional electrospun polymeric nanofibrous mats for catalytic reduction, photocatalysis and sensing. *Nanoscale*, 9(27), 9606–9614. <https://doi.org/10.1039/c7nr02658g>
- Akkerman, Q. A. (2019). Lead Halide Perovskite Nanocrystals: A new age of semiconductive nanocrystals. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23651.81442>
- Bera, D., Qian, L., Tseng, T.-K., & Holloway, P. H. (2010). Quantum dots and their multimodal applications: A review. *Materials*, 3(4), 2260–2345.
- Bhushan, B. (Ed.). (2016). *Encyclopedia of Nanotechnology*. Springer Netherlands.
- Ersöz, M., Iştan, A., & Balaban, M. (2018). *Nanoteknoloji 1: Nanoteknolojinin temelleri*. Pamukkale Üniversitesi Yayınları.
- Gawande, M. B., Goswami, A., Felpin, F.-X., Asefa, T., Huang, X., Silva, R., ... Varma, R. S. (2016). Cu and Cu-Based Nanoparticles: Synthesis and Applications in Catalysis. *Chemical Reviews*, 116(6), 3722-3811.
- Li, J., & Chu, D. (2018). Energy band engineering of metal oxide for enhanced visible light absorption. *İçinde Multifunctional Photocatalytic Materials for Energy: 49-78*
- Pattnaik, S., Swain, K., & Ramakrishna, S. (2022). Optimal delivery of poorly soluble drugs using electrospun nanofiber technology: Challenges, state of the art, and future directions. *WIREs Nanomedicine and Nanobiotechnology*, 15(2). <https://doi.org/10.1002/wnan.1859>
- Rane, A. V., Kanny, K., Abitha, V. K. ve Thomas, S. (2018). *Methods for Synthesis of Nanoparticles and Fabrication of Nanocomposites. Synthesis of Inorganic Nanomaterials içinde* (ss. 121-139). Elsevier.
- Roy, D., Majhi, K., Mondal, M. K., Saha, S. K., Sinha, S., & Chowdhury, P. (2018). Silicon Quantum Dot-Based Fluorescent Probe: Synthesis characterization and recognition of thiocyanate in human blood. *ACS Omega*, 3(7), 7613–7620. <https://doi.org/10.1021/acsomega.8b00844>
- Taylor, G. I. (1964). Disintegration of water drops in an electric field. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences*, 280(1382): 383-397.

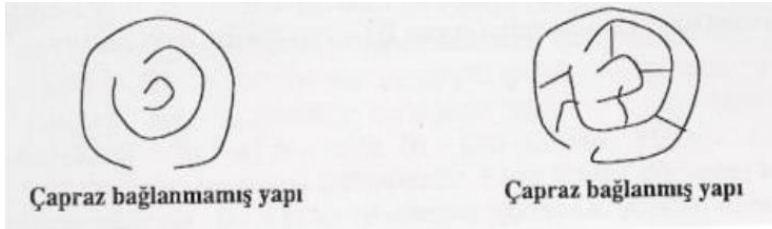
Vulkanizasyon Sonrası EPDM Post-Cure Sürecinin Optimize Edilmesi

Mucize Ceren Miçonunoğlu

Başoğlu Kablo ve Profil Sanayi ve Tic. A.Ş., Arge, Manisa-Merkez, Türkiye
mucize.miconunoglu@basoglu.com

Giriş

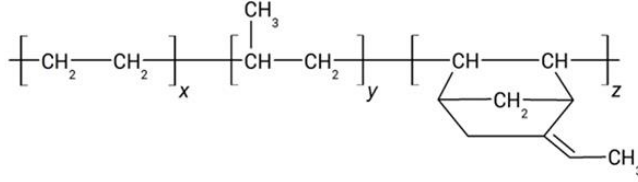
Kauçuk endüstrisi son yıllarda sahip olduğu avantajlı özellikleri sayesinde birçok endüstriyel uygulamada tercih edilen bir sektör olmaktadır. Kauçuklar amorf yapıda olup çapraz bağlı polimerleşme özelliği sayesinde elastik yapıya sahip olarak camı geçiş sıcaklıklarının üzerinde bu yapıda davranmaktadır (Le Bideau vd., 2008). Şekil 1.1’de çapraz bağlı yapı verilmiştir. Genel olarak sınıflandırmak gerekirse, kauçuklar doğal ve sentetik olmak üzere iki farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Literatür incelendiğinde bu sınıflandırmanın üç farklı ASTM standardı ile gerçekleştirildiği ve endüstride bu şekilde kullanıldığı görülmektedir. Bu standartlar: ASTM D1418- Rubber and Rubber Lattices-Nomenclature, ASTM D-1566-Standard Definitions of Terms Relating to Rubber ve ASTM D2000-Standard Classification Systems for Rubber Parts in Automotive Applications. Doğal kauçuklar yenilebilir ve kolay işlenebilir olması ile yüksek esneklik ve dayanım özellikleri sebebiyle çokça tercih edilebilir olsa da hava, oksijen ve ozona dayanımı olmaması hava geçirgenliği ve hidrokarbonlara dayanıklılığı ciddi dezavantajlar yaratmaktadır. Bu da sentetik kauçukların gerekliliğini göstermektedir. Kullanım alanına göre birçok farklı tür sentetik kauçuk bulunmaktadır.



Şekil 1.1. Çapraz Bağlı Polimer yapı (Savran, 2001)

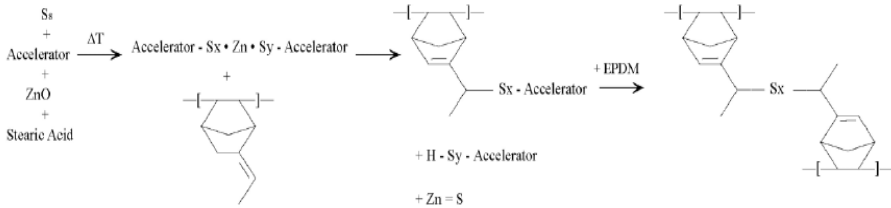
Çalışmamızda kullandığımız Etilen Propilen Dien Monomer (EPDM) kauçuk da bir sentetik kauçuktur. Etilen ve propilenin bir dien monomeri varlığında katalize edilmesi sonucu üretilen elastik bir polimerdir (Zhao vd., 2008) EPDM kimyasal yapısı Şekil 1.2’de gösterildi. EPDM kauçuklar ısı, ışık, oksidasyona ve kimyasallara olan iyi derecedeki dayanıklılıkları ile dikkat çekmektedir. Sahip olduğu amorf yapı sayesinde düşük sıcaklıklarda çok iyi elastikiyet gösterir. Statik ve dinamik uygulamalarındaki performansının oldukça iyi olması sebebiyle otomotiv, beyaz eşya ve ısıtma sistemleri endüstrilerinde hortum ve profil üretimi başta olma üzere geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. EPDM kauçuk otomotiv ve beyaz eşya sektöründe sıklıkla

kullanılmaktadır (Soyubol, 2006). Bu sektörlerde kullanılıyor olmasında yüksek sıcaklık dayanımı, uzun ömürlü oluşu ve sönümlenme özellikleri yüksek önem taşımaktadır.



Şekil 1.2. EPDM’nin Kimyasal Gösterimi

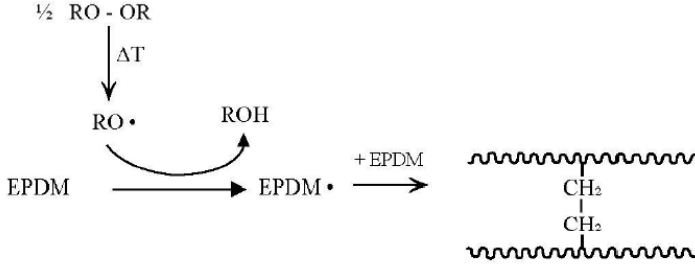
Kauçuklar kürlenme öncesi macun kıvamında olup herhangi bir uzama veya esneklikleri bulunmamaktadır. Bu sebeple bazı kimyasal katkı malzemeleri ve katalizörler varlığında çapraz bağlarla bağlanır. Bu bağlanma yüzlerce karbon atomunun birbirleriyle bağ enerjisi oluşturmasıyla gerçekleşmektedir. Bu işleme vulkanizasyon denir. Vulkanizasyon işlemi sıcaklık ve basınç altında dört farklı yöntem ile gerçekleştirilebilmektedir. Bunlar; pres vulkanizasyonu, açık kürlenme, sürekli vulkanizasyonu ve soğuk vulkanizasyonudur. Yaygın olarak kullanılan ve bu çalışmada da tercih edilen Pres vulkanizasyonudur. Bu yöntemde kürlenmemiş kauçuk parçalar, sıcaklık ve basınç altında preslenir, ürün geometri ve ağırlık ve kauçuğun sınıfına göre farklı tonajlara sahip preslerde vulkanize edilmektedir (Callister vd., 2012). Vulkanizasyonun tamamlanmasının ardından ürün kalıptan çıkarılmaktadır. Bunun dışında, vulkanizasyonun gerçekleşmesini sağlayan çapraz bağlar, kükürt atomu veya kükürt içeren kısa bir zincir, C-C bağı, çok değerlikli bir organik radikal veya iyonik grup olabilmektedir (Mark vd., 2005). Kullanılan vulkanizasyon ajanları veya proseslere göre sınıflandırılabilen olup en yaygın olanlar kükürt ve peroksit vulkanizasyonudur. Kükürt vulkanizasyonunda alil hidrojenleri ile yer değişimi reaksiyonu ile kükürt köprüsü oluşturulmaktadır. (Şekil 1.3) Bu yöntemin yaygın olarak kullanılmasında yüksek sıcaklıklarda kullanılabilirliği, yorulma direnci yüksek kırılma mukavemeti ve yüksek yırtılma direncin sahip olması etkili olmaktadır (Likozar vd., 2008).



Şekil 1.3. EPDM’nin Kükürt Vulkanizasyonu Reaksiyon Mekanizması (Öncel vd., 2023)

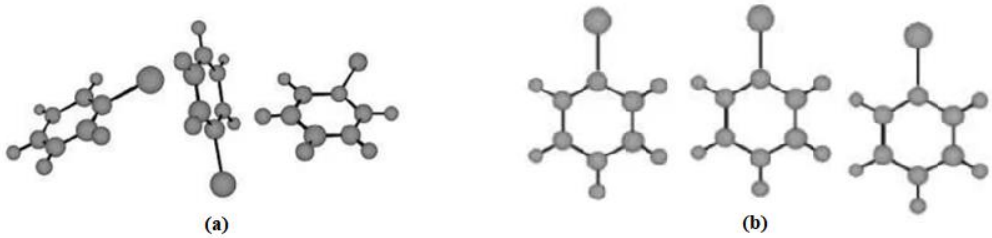
Peroksitle vulkanizasyon yönteminde molekül zincirinde çift bağ bulunmayan elastomerik yapıların vulkanizasyonu için peroksitlerin kullanılmasını kapsamaktadır. Kuvvetli bir C-C bağı yapısı bulunduran ve ek olarak düşük kalıcı deformasyonu ile iyi derecede ısı dayanımına sahip olan bir dien monomeri varlığında gerçekleşmektedir (Soyubol, 2006). Reaksiyon mekanizması Şekil 1.4’te verilmiştir. Kauçuk işleme endüstrisinde kullanılan başlıca dien monomerleri, etiliden norbornen, disikloptadien ve 1,4-hekzadiendir. Peroksitle vulkanizasyonun en göze çarpan avantajları; yüksek sıcaklık dayanımı ve iyi düzeyde elastik davranışa sahip olması ile buna ek olarak yapısında sülfür bulundurmadığı için son üründe herhangi bir renk değişimi olmamasıdır. Bu olumlu özelliklerinin yanı sıra bazı olumsuz durumlarda bulunmaktadır.

Bunlar; sahip olduğu aromatik yapı çapraz bağlanma sonrası yan ürün olarak asetofenon diye adlandırılan kötü kokulu bir peroksit yapının oluşması ve yüksek ısı direnci sağlanması isteniyorsa uzun bir kürlenme süresinin gerekiyor olmasıdır (Thitithammawong vd., 2007).



Şekil 1.4. EPDM’nin Peroksit Vulkanizasyonu Reaksiyon Mekanizması

Peroksitle vulkanizasyonun yan ürünü olarak çıkan bu kötü kokulu düşük moleküler ağırlıklı peroksit yapıdaki ürün veya ürünler oluşmaktadır. Kürlenmeden sonra bu kötü kokuya ek olarak yan ürünlerin bir kısmı yüzeyde kalmaktadır. Bu kalıntılar ürün yüzeyinde beyaz tozlu veya kristalimsi bir yapı oluşturmaktadır. Post-cure işlemi, pişmiş veya yarı pişmiş bir termoset kauçuğun bir ya da birkaç özelliğini değiştirmek için yapılan ısı işleme verilen addır. Elastomerik yapının tipik olarak belirli bir süre boyunca belirli bir sıcaklıkta sıcak hava sirkülasyonlu bir fırında ikincil bir kürlenmesini içermektedir. Çapraz bağlanma tepkimeleri sırasında gerçekleşen oksidasyon reaksiyonları çoğunlukla EPDM’nin yapı taşlarından olan propilen zincirinden meydana gelmektedir. Etilen zincirinde oksidasyon daha zayıf gerçekleştiği için ihmal edilebilmektedir. Propilen zincirinde bulunan poliolefinler oksidasyon reaksiyonları sırasında propilen yapıyı kararsız duruma getirip hidrojen atomlarının hidrojen peroksit oluşturarak yapıdan ayrılmasına sebebiyet vermektedir. Hidroperoksitler malzemede birikmez, ancak 85°C üzerindeki sıcaklıklara maruz kaldığında radikallere ayrılarak karbonil ve hidroksil içeren bileşiklere (alkoller ve asitler) dönüşmektedir. Post-cure işlemi oluşan karbonil ve hidroksil içeren bileşiklerin giderilmesine yardımcı olarak içerik seviyelerini milyarda bir parça aralığına düşürmektedir (William, 2016). Post-cure işlemi aynı zamanda kauçuğun asidik katalizli ayrışmasını önlemek için de gereklidir. Post-cure işleminin kimyasal katkısının yanında ürüne kazandırdığı mekanik avantajlar da göz ardı edilmemelidir. Bu işlemin ürüne kazandırdığı mekanik özellikler, esneklik ve ısı direnci ile kalıcı deformasyon değerlerinin iyileştirilmesidir. Şekil 1.5’te Post-cure adımının ürünlerde yarattığı kararlı yapı görülmektedir.



Şekil 1.5. Post-cure İşleminin Moleküler Yapıda Yarattığı Değişim. (a) Post-cure Öncesi; (b) Post-cure Sonrası.

Vulkanizasyon sonrası üründe oluşan koku ve toz kalıntı özellikle gıda ve sağlık alanında istenen biyouyumluluk gerekliliklerini sağlayamamakta olup, bu alanlardaki kullanımına engel olmaktadır. Çevreyle uyumlu bir kauçuk türü olan EPDM’nin sağlık ve gıda alanlarında da kullanımını sağlayabilmek adına vulkanizasyon sonrası post-cure işleminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu sayede yapıdaki düşük moleküler ağırlıklı uçucu bileşik miktarı azalacak, böylelikle de EPDM’nin biyouyumluluk testinden başarıyla geçmesi sağlanabilecektir. Ek olarak, gıda ve ilaç sektöründeki şartlar Gıda ve İlaç İdaresi (FDA/ Food and Drug Administration) tarafından takip edilmekte ve test edilmektedir. Post-cure sayesinde ürün kararlılığı sağlanmakta ve FDA uyumlu hale geçmektedir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

EPDM 60 adı verilen kauçuk ADT Elastomer Çözümleri Sanayi A.Ş.’den temin edildi. Vulkanizasyon işlemi için Hisan Hidrolik marka laboratuvar pres makinesi, post-cure işlemi için ise yine laboratuvarında bulunan Thermo Scientific Hera Therm marka etüv kullanıldı. Ölçüm adımları ISO 23529 Standartına göre laboratuvar koşullarında laboratuvar bünyesinde yer alan cihazlarla ölçümler gerçekleştirildi. Ölçümler için kullanılan cihazlar Gibitre marka Shoremeter, Densitymeter, Tensile-Check Meter ve Micro vu marka Projeksiyon Cihazı’dır.

2.2. Metot

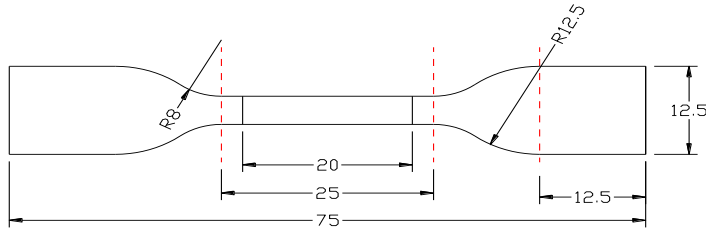
EPDM 60 kodlu ürünün vulkanizasyonu laboratuvarında bulunan pres makinesinde gerçekleştirildi. Optimizasyon çalışmaları kapsamında her bir deneme koşulu için preste ASTM D412 Standardı uyarınca 190°C ve 10 dk süreyle test plakaları basıldı. Test plakaları; 2 mm kalınlığında 180 mm x 110 mm boyutlarında plaka numuneleridir. Toplamda 9 adet plaka hazırlandı. Test plakası görseli Şekil 2.1’de verildi.



Şekil 2.1. Hazırlanan Test Plakası Görüntüsü.

Vulkanizasyonunu tamamlamış plakalarının post-cure için optimum koşullarının belirlenmesi için süre ve sıcaklık optimizasyonu yapıldı. Optimum süre ve sıcaklıkları kapsamında süre için 2 ve 4 saat, sıcaklık için ise 75°C, 100°C, 125°C ve 150°C sıcaklıkları seçildi. Bu optimizasyon şartlarının belirlenmesinde tedarikçiden alınan TDS ve EPDM’nin çalışma aralığı göz önüne alındı. Etüvde gerçekleştirilen post-cure işleminin ardından laboratuvar iklimlendirme koşulları ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) altında post-cure işlemi uygulanan plakalar ile post-cure uygulanmayan plaka gözleme alındı Plakaların test süresi için ön adım olarak 3 aylık raf ömrü süresi belirlendi. Daha sonrasında ise bu süre plakaların durumuna göre 1 yıllık bir bekleme süresine uzatılması kararlaştırıldı.

Test plakaları için yapılan testler, sertlik ölçümü, yoğunluk ve çekme kopma testidir. Sertlik ölçümü için ölçüm aralığı 0-100 Shore olan Gibitre marka Shoremeter ile ISO 48-4 Standardı uyarınca ölçümler gerçekleştirildi. Yoğunluk ölçümü için Gibitre marka Densitymeter ile ISO 2781 Standardı’na uygun olacak şekilde ölçümler gerçekleştirildi. Çekme kopma testleri ise yine Gibitre marka Tensile-Check Meter ile gerçekleştirildi. Çekme-Kopma deneyleri kapsamında kopma mukavemeti ve uzaması değerler DIN 53504 Standardına göre hazırlanan test plakalarından papyon şeklinde kalıpla numune çıkarıldı. Papyon numunenin şekli ve boyutları Şekil 2.2’de verildi. Mukavemet ve uzama miktarlarını hesaplayabilmek için papyon iki ucundan cihaza yerleştirildi. Papyon numunesi sabit hızda uzunlamasına kopana kadar çekilerek dayanabildiği mukavemet değeri kopma anında kaydedildi. Çekme testleri öncesi dijital kauçuk kumpası ile et kalınlıkları not edildi.



Şekil 2.2. Papyon Numune.

3. Bulgular ve Tartışma

Hazırlanmış olan test plakaların 3 aylık raf ömrü süresi boyunca laboratuvar koşullarında bekletilmelerinin ardından Deney sonuçları kapsamında yapılan test sonuçları kaydedildi. İlk olarak tüm plakaların sertlik yoğunluk ve çekme kopma testleri gerçekleştirildi ve değerlerin karşılaştırması yapıldı. Tüm test plakaları için ölçülen sertlik değerleri Tablo 3.1’de gösterildi. Sertlik ölçümü Shore cinsinden tolerans aralığı ± 5 Shore olarak belirlendi. Ölçüm sonuçları incelendiğinde sonuçların tolerans içinde kaldığı görüldü. Plakaların sertlik ölçümlerine bakıldığında, sertlik değerinin arttığı gözlemlendi. Bu da plakaların uygulanan post-cure süre ve sıcaklığı arttıkça daha sert bir yapıya geçtiği ve yapısındaki uçucu organik bileşiklerinin azaldığı görüldü.

Tablo 3.1. Test Plakalarının Sertlik Ölçüm Sonuçları

	Post-Cure Uygulanmamış	75°C 2 saat	75°C 4 saat	100°C 2saat	100°C 4 saat	125°C 2 saat	125°C 4 saat	150°C 2 saat	150°C 4 saat
Sertlik Değeri	62,8	63,1	63,1	64,5	64,7	64,8	64,8	64,6	65

Yoğunluk testi için ölçülen yoğunluk değerleri Tablo 3.2’de gösterildi. Yoğunluk ölçümü g/cm^3 cinsinden tolerans aralığı $\pm 0,02 g/cm^3$ olarak belirlendi. Ölçüm sonuçları incelendiğinde sonuçların tolerans içinde kaldığı görüldü. Plakaların yoğunluk ölçümlerine bakıldığında, yoğunluk değerinde büyük bir değişiklik olmadığı gözlemlendi. Yoğunluk da bir değişim olmaması beklendiği için bu açıdan plakaların hepsi başarılı oldu.

Tablo 3.2. Test Plakalarının Yoğunluk Ölçüm Sonuçları

	Post-Cure Uygulanmamış	75° C 2 saat	75° C 4 saat	100° C 2saat	100° C 4 saat	125° C 2 saat	125° C 4 saat	150° C 2 saat	150° C 4 saat
Yoğunluk Değeri	1,09	1,09	1,09	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10

Kopma mukavemeti ve uzaması ölçümleri için ölçülen sonuçlar Tablo 3.3’te gösterildi. Kopma mukavemeti ölçümü MPa cinsinden ölçülmüş olup tolerans aralığı ± 2 MPa olarak belirlendi. Kopmada uzama ölçümü % cinsinden ölçülmüş olup tolerans aralığı ± 100 olarak belirlendi. Plakaların ölçüm sonuçlarına bakıldığında, tolerans değer aralığı içerisinde kaldığı ve büyük bir değişiklik olmadığı gözlemlendi. Kopma değerlerinde bir değişim olmaması bu prosedürle yapılacak ürünlerin kopma değerlerinin değişmemesi gerektiğinden bu açıdan deneme başarıyla sonuçlandı. Kopma mukavemeti ve uzama değerlerindeki artış ürünün dayanımının az bir miktar da olsa arttığını göstermektedir.

Tablo 3.3. Test Plakalarının Kopma Mukavemeti ve Uzaması Ölçüm Sonuçları

	Post-Cure Uygulanmamış	75°C 2 saat	75°C 4 saat	100°C 2saat	100°C 4 saat	125°C 2 saat	125°C 4 saat	150°C 2 saat	150°C 4 saat
Kopma Mukavemeti	9,45	9,39	9,43	9,35	9,28	9,23	9,01	9,61	9,45
Kopmada Uzama	236	238	240	242	252	245	242	260	259

Belirlenen post-cure şartlarına göre test plakaları için görsel gözlem ve takip yapıldı. Gözlem yöntemi olarak kamera ve projeksiyon cihazı ile görüntü alındı. Projeksiyon Cihazı için 1 mm boyutunda yakınlaştırma yapılarak plakalardaki kristal varlığı incelendi. Post-cure uygulanmayan plaka için öncesi ve sonrası görselleri Şekil 3.1’de görüldü. Görseller incelendiğinde; post-cure uygulanmayan plaka için ilk kristallenme ve matlık 2 haftanın sonunda gözlemlendi.

Post-Cure Uygulanmamış Plaka



Şekil 3.1. Post-Cure Uygulanmayan Plaka için Öncesi ve Sonrası Görselleri

75°C’de 2 saat ve 4 saat post-cure ile 100°C’de 2 saat ve 4 saat için ilk kristallenme ve matlık bir ayın sonunda gözlemlendi. Matlık düzeyinde post-cure uygulanmayan plaka ile benzer olduğu görüldü. Kristallenme oranına bakıldığında ise post-cure uygulanmayan plaka ile kıyaslandığında azaldığı gözlemlendi. 75°C ve 100°C için uygulanan post-cure plaka için öncesi ve sonrası görselleri Şekil 3.2’de görüldü.

75°C için 2 saat Post-Cure



75°C için 4 saat Post-Cure



100°C için 2 saat Post-Cure



100°C için 4 saat Post-Cure



Şekil 3.2. 75°C 2 Saat ve 4 Saat ile 100°C 2 Saat ve 4 Saat Post-Cure için Öncesi ve Sonrası Görselleri

125°C’de 2 saat ve 4 saat için uygulanan post-cure incelendiğinde ilk kristallenme ve matlık 2 ayın sonunda gözlemlendi. Kristallenmenin ve matlığın postcure uygulanmayan test plakası ile 75°C ve 100°C için her iki optimizasyon süresi uygulanan test plakalarıyla kıyaslandığında ciddi ölçüde azaldığı gözlemlendi. 125°C’de 2 saat ve 4 saat için uygulanan post-cure plaka için öncesi ve sonrası görselleri Şekil 3.3’te görüldü.

125°C için 2 saat Post-Cure



125°C için 4 saat Post-Cure



Şekil 3.3. 125°C 2 Saat ve 4 Saat Post-Cure için Öncesi ve Sonrası Görselleri

150°C 2 saat ve 4 saat için uygulanan post-cure incelendiğinde ise 3 aylık raf ömrü bekleme süresinin ardından herhangi bir kristal oluşumu gözlenmedi. Kristallenmenin ve matlığın postcure uygulanmayan test plakası ile diğer üç sıcaklık değeri ve belirlenen süre değerleri uygulanan test plakalarıyla kıyaslandığında hem kristallenmenin hem matlığın gözlenmediği görüldü. 150°C’de 2 saat ve 4 saat için uygulanan post-cure plaka için öncesi ve sonrası görselleri Şekil 3.4’te görüldü.

150°C için 2 saat Post-Cure



150°C için 4 saat Post-Cure



Şekil 3.4. 150°C 2 Saat ve 4 Saat Post-Cure için Öncesi ve Sonrası Görselleri

Bu çalışmanın amacı, vulkanizasyon sonrası peroksit kristalizasyonunun rolüne özel olarak odaklanarak, EPDM kauçuğun farklı süre ve sıcaklıklarda post-cure uygulanarak optimum süre ve sıcaklığın bulunarak peroksit kaynaklı kristallenmenin önlenmesidir. Yapılan tüm denemelerin sonuçları göz önüne alındığında sıcaklık optimizasyonu incelediğinde en başarılı sonucun 150°C’de gerçekleştiği gözlemlendi. Süre optimizasyonu ise 150°C için hem 2 saat hem de 4 saat için başarılı olduğu gözlemlendi. Süre optimizasyonu süreçleri devam etmektedir. Bu kapsamda nihai sonuca ulaşmak için test sürecine devam edilmekte olup 1 yıl boyunca test devam ettirilecektir. Bu sonuçlara ek olarak yapılan mekanik testler incelendiğinde sertlik, kopma mukavemeti ve kopmada uzama değerlerinde görülen artışın yapıdaki kararlılığı arttırdığı sonucuna ulaşıldı.

Çalışmanın devamında parçaya ait kalıcı deformasyon ve yaşlandırma testleri gerçekleştirilecektir. Kalıcı deformasyon testi sayesinde EPDM’nin post-cure sonra elastikiyetini kaybetmeyi önlemede bir etkisinin olup olmadığı, varsa bu etkinin olumlu veya olumsuz hangi yönde olduğu incelenecektir. Test süresinin tamamlanmasının ardından tüm örnekler için Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) cihazı ve Termogravimetrik Analiz (TGA) cihazı ile EPDM’nin post-cure sonrası kimyasal yapısında olan değişimler incelenecek ve yorumlanacaktır.

Kaynakça

Callister, W. D., Rethwisch, D. G. (2012). Fundamentals of Material Science and Engineering. New Jersey: John Wiley & Sons. ISBN-13: 9781119321590.

K.L. Mittal, A. Pizzi (2009). Handbook of Sealant Technology. CRC Press. p. 27. ISBN 0-8493-9162-8.

Le Bideau P. Ploteau J.P. (2008). Experimental and Modelling Study of Superficial Elastomer Vulcanization by Short Wave Infrared Radition. *International Journal of Thermal Sciences*, 48:573-582. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2008.03.016>

Likozar B, Krajnc M. (2008). A Study of Heat Transfer During Molding of Elastomers. *Chemical Engineering Science*, 63:3181-3192. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2008.03.031>

Mark J. (2005). *Science and Technology of Rubber*. Elsevier Academic Press. ISBN: 9780123945846.

Öncel Ş., Gül G., Burak M., Karaağaç B. (2023). Anti-aging effect of TMQ on EPDM for Various Cure Systems. *Çanakkale Onsekiz Mart University, Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*, 9(4): 938-951. <https://doi.org/10.28979/jarnas.1285817>

Savran H. Ö. (2001). *Elastomer Teknolojisi 2*. Kauçuk Derneği Dergisi, 14, 178- 186.

Soyubol B. (2006). *Elastomerlerin Statik ve Dinamik Özelliklerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Teissedre, G; Pilichowski, JF; Chmela; Lacoste, SJ. (1996). *Data on Specific Polymers*, 14:406-408. ISBN: 9781927885314.

Thitithammawong A, Nakason C, Sahankaro K. (2007). Thermoplastic vulcanizates based on epoxidized natural rubber/polypropylene blends: Selection of optimal peroxide type and concentration in relation to mixing conditions. *European Polymer Journal*, 43:4008-4018. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2007.06.035>

Vahapoğlu V. (2006). *Kauçuk Türü Malzemelerin İnelastik Özelliklerinin Deneysel Olarak İncelenmesi*. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

William D. Inman Jr. (2016). *Post-Curing of Silicone Elastomers: When is it Necessary*. Dow Corning Corporation. Form No. 52-1265-01.

Zhao Q. (2008). Degradation Evaluation of Ethylene-Propylene-Diene Monomer (EPDM) Rubber in Artificial Weathering Environment by Principal Component Analysis. *Materials Letters*, 63:116-117. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2008.09.019>

Mekanik ve Elektronik Entegrasyonlu Rot mili Çalışma Sistemi ile Tork Değerlerinin Stabilize Edilmesi

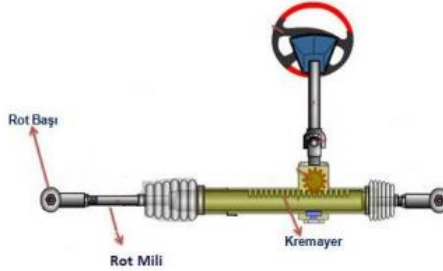
Muhammed Abdullah Özel*, Mehmet Yasin Gül

AR-GE Merkezi / AYD Otomotiv Endüstri A.Ş.

*ozel.muhammed@aydtr.com

Giriş

Otomotiv sektöründe süspansiyon parçaları büyük bir önem arz etmektedir. Süspansiyon parçalarından rot mili, kramayer ile rot başı arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır. Direksiyon sisteminin parçaları birleştirici elemanlardır. Bu sistemi de üçüncü boyutta harekete tabidir çünkü tekerleklerde direksiyon eksenine paralel olarak yukarı ve aşağı hareket etmektedir. Bu nedenle, rot başları ve rot milleri, basit pivot yataklar yerine bilyeli mafsallarla donatılmalıdır. Bu bilyeli mafsallar, bilyalı pimin eksenine etrafında maksimum dönme hareketi meydana gelecek şekilde tasarlanmıştır (Heibing ve Ersoy, 2010). Şekil 1’de temel olarak Rot başı ve Rot mili parçasının direksiyon sistemindeki yeri gösterilmiştir.



Şekil 1. Rot mili araç üzeri bağlantısı

Rot mili, genellikle gövde, plastik yatak ve mafsallı parçadan oluşmaktadır. Küresel mafsalların görevlerini eksiksiz ve emniyetli bir şekilde yerine getirmesi için mafsallarda kullanılacak yatak çapları, tipleri ve kullanılacak yağlama şeklinin seçilmesi; boyut, yatak ve boşluk toleranslarına karar verilmesi ve bunların optimum değerlerinin belirlenmesi gereklidir. Bağlantı elemanları birbirlerine temas kuvveti uygular. Bağlantı noktalarındaki bu kuvvetlerin vektörel doğrultusu ve şiddeti, boşluk miktarına göre anlık olarak değişmektedir. Rot mili gövdesine plastik yatak ve küresel shaft oturtulduktan sonra gövde sıvanarak ürün son hale getirilir. Plastik yatak, gövde içerisinde mafsallın rahat hareketini sağlamaktadır. Rot milleri ve rot başları belirli spektler ile test edilmektedir. Çalışmada 27Ø Rot mili grubu incelenmiştir. Şekil 2’de AYD üretimi örnek rot mili parçası görülmektedir.



Şekil 2. AYD üretimi rot mili

Tablo 1 ve Tablo 2’de rot mili ve rot başları için kriterler verilmiştir. Bu spektlerde öncelikli olarak kriterler “Kırılma Torku”, “Çalışma Torku” ve “Eksenel Boşluk” değerleridir.

Tablo 1. Eksenel boşluk kriteri

Küre Çapı	Rot Başı	Rot Mili
Ø16-23mm	≤0,12	≤0,10
Test yükü	400N	2500N
Ø24-29mm	≤0,15	≤0,12
Test yükü	800N	2800N
Ø30-34mm	≤0,18	10
Test yükü	1100N	3000N
Ø≥35mm	≤0,12	≤0,15
Test yükü	1500N	3000N

Test şartlarına göre incelendiğinde 27Ø için “Eksenel Boşluk” değeri =< 0,12mm aralığında olmalıdır.

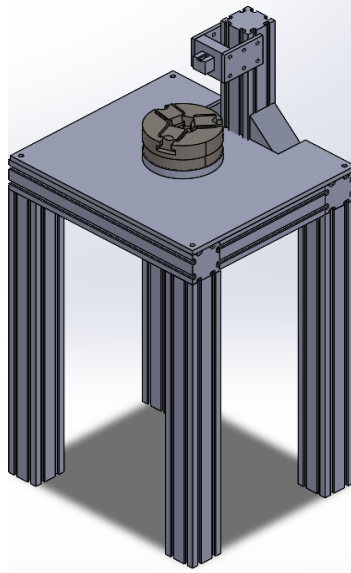
Tablo 2. Tork kriteri

Küre Çapı	Kırılma T. (Nm)		Çalışma T. (Nm)	
	Rot Başı	Rot Mili	Rot Başı	Rot Mili
16-18mm	≤8	≤10	1.0-4.0	1.5-5.0
19mm	≤8	≤10	1.0-4.0	1.5-5.0
20-21mm	≤8	≤10	1.0-4.0	1.5-5.0
22-23mm	≤8	≤10	1.0-6.0	1.5-5.0
24mm	≤11	≤11	1.5-6.0	1.5-5.0
25-27mm	≤11	≤11	1.5-6.0	1.5-5.0
28-29mm	≤11	≤14	1.5-6.0	1.5-6.0
30-34mm	≤11	≤14	2.0-7.0	1.5-6.0

Test şartlarına göre incelendiğinde 27Ø için “Kırılma Torku” < 11Nm ve “Çalışma Torku” > 1,5Nm , <5Nm aralığında olmalıdır.

Materyal ve Metot

Çalışma kapsamında belirlenen 27Ø rot mili için uygun bir prototip için tasarım yapılmış olup, aynı zamanda her rot miline uyumlu bir çalışma sağlamak için modüler bir tasarıma karar verilmiştir. Modüler tasarım için mil tutucu yüksekliğinin ayarlanabilmesi, tutucu aparatın hızlı ve kolay değiştirilebilmesi, rot mili gövdesinin minimum insan gücü kullanılarak kolay montajlanabilir olması gerekmektedir. Bu şartlar göz önüne alınarak Solidworks programı kullanılarak Şekil 3’te görülen makinenin mekanik tasarımı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Makine mekanik tasarım aşaması

Pnömatik tutucu sisteminde, dönme hareketi ve tutma kuvveti oluşturmak için yapılan ayna tasarımında tutma kuvveti pnömatik pistonun aksel hareketi ile ayna ayaklarına aktarılmıştır., Rot mili gövdesine dönme hareketi, aynayla piston merkezine bağlı olan noktadan kayış kasnak mekanizması ile 2kw’lık bir servo motordan iletilmiştir. Servo motor 1:10 oranlı bir redüktöre bağlanmıştır. Mil tutucu için kullanılan lineer eksen ve eksene bağlı 400w servo motor bulunmaktadır. Servo motorlar için 2 adet servo sürücü kullanılmıştır. Sıcaklık kontrolü için IR Sıcaklık sensörü ve DA PLC modülü, sistem ana kontrolcüsü olarak Delta PLC ve arayüz erişimi için Delta HMI kullanılmıştır. Arayüz giriş örneği Şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 4. Makine arayüz girişi

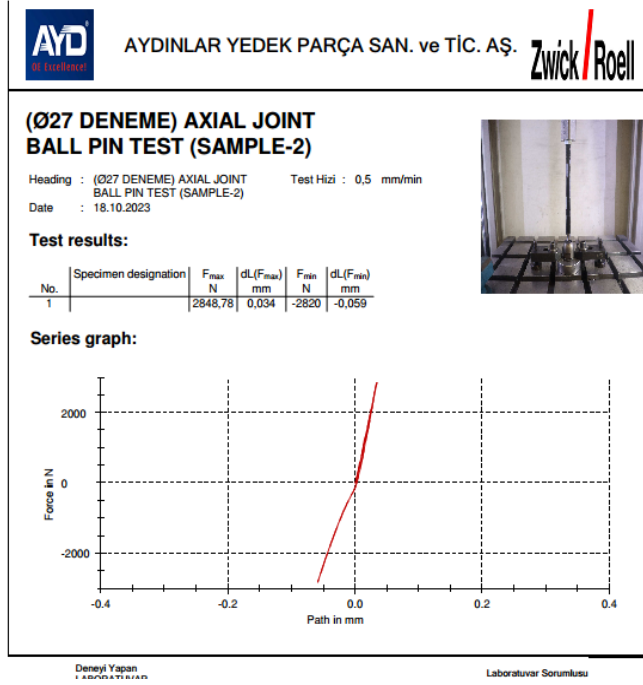
Bulgular ve Tartışma

Yapılan çalışmalar kapsamında 27Ø rot mili için 10 numune hazırlanmıştır. Numunelerin işlem öncesi boşluk değerleri AR-GE Test ve Analiz laboratuvarında Zwick-Roell statik test cihazında, tork değerleri ise Tork Ölçüm cihazında ölçülmüştür. Boşluk değerleri 27Ø için 2800N yükte ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları Tablo 3’te görülmektedir. Dönme kırılma torku “D.K.T” ve dönme çalışma torku “D.Ç.T” olarak Tablo 3’te kaydedilmiştir.

Tablo 3. 27 Küre rot mili ölçüm sonuçları

No	D.K.Tork	D.Ç.Tork	dL Fmax	dL Fmin
1	16,68 Nm	10,2 Nm	0,030mm	-0,027mm
2	28 Nm	15 Nm	0,034mm	-0,059mm
3	25 Nm	16,3 Nm	0,034mm	-0,06mm
4	20 Nm	12 Nm	0,025mm	-0,029mm
5	23 Nm	11 Nm	0,036mm	-0,061mm
6	20,8 Nm	12 Nm	0,039mm	-0,057mm
7	20 Nm	10 Nm	0,03mm	-0,022mm
8	32 Nm	20 Nm	0,035mm	-0,055mm
9	20,35 Nm	15 Nm	0,021mm	-0,022mm
10	28 Nm	10 Nm	0,022mm	-0,025mm

Boşluk test sonucu örneği Şekil 5’te verilmiştir.



Şekil 5. Eksenel boşluk test örneği

Parametre denemeleri için 4 kategori belirlenmiştir. Her kategori için 4 adet parça belirlenerek parametre denemelerinin tork değişimine etkisi yüzdelik değerlerde ölçülmüş ve Tablo 4’te kaydedilmiştir. Ölçümler işlemden 2 gün sonra yapılmıştır.

Tablo 4. Parametre denemeleri

No	500/40	500/60	350/40	350/60
1	0,18125			
2	0,28666			
3	0,21			
4	0,2132			
5		0,2462		
6		0,2802		
7		0,444		
8		0,468		
9			0,07	
10			0,123	
11			0,157	

12			0,045	
13				0,146
14				0,026
15				0,2
16				0,111
ORT	%0,222	%0,359	%0,098	%0,120

Yapılan parametre deneme çalışmalarına göre 500rpm ve 60 çevrim adım parametresi olarak belirlenmiştir. Ölçüm sonuçları kaydedilen numuneler geliştirilen sistemde 500rpm/60çevrim olarak işleme alınmış ve Tablo 5’de kaydedilmiştir. Her bir numunenin işlem sırasında çıktığı en yüksek sıcaklık anlık olarak izlenip Tablo 5’te kaydedilmiştir.

Tablo 5. 1.Adım 500rpm 60tur

No	D.K.Tork	D.Ç.Tork	dL Fmax	dL Fmin	C
1	12 Nm	6,12 Nm	0,026mm	-0,027mm	36C°
2	19,74 Nm	6,83 Nm	0,024mm	-0,017mm	44C°
3	9,45 Nm	7,27 Nm	0,021mm	-0,022mm	39C°
4	11 Nm	5,5 Nm	0,022mm	-0,025mm	34C°
5	15 Nm	6 Nm	0,027mm	-0,022mm	37C°
6	14 Nm	5 Nm	0,022mm	-0,023mm	31C°
7	11 Nm	5,5 Nm	0,024mm	-0,02mm	33C°
8	19 Nm	12 Nm	0,031mm	-0,026mm	46C°
9	20 Nm	11,2 Nm	0,024mm	-0,019mm	29C°
10	15 Nm	5,2 Nm	0,024mm	-0,017mm	45C°

500rpm/60tur işlem sonrası, Dönme kırılma torku %36,6 ve dönme çalışma torku %46,6 değişiklik göstermiştir. Boşluk değerlerinde görülen azalmalar, rot mili mafsalsının plastik yatağın formuna göre uyum sağladığını göstermektedir.

2.adım için numuneler geliştirilen sistemde 500rpm/60çevrim olarak işleme alınmış ve Tablo 6’da kaydedilmiştir. Her bir numunenin işlem sırasında çıktığı en yüksek sıcaklık anlık olarak izlenip kaydedilmiştir.

Tablo 6. 2. Adım 500rpm 60tur

No	D.K.Tork	D.Ç.Tork	dL Fmax	dL Fmin	C
1	10,5 Nm	4,5 Nm	0,023mm	-0,027mm	33C°
2	11 Nm	5,5 Nm	0,022mm	-0,017mm	35C°
3	8,76 Nm	6,5 Nm	0,025mm	-0,017mm	32C°
4	11,2 Nm	6 Nm	0,027mm	-0,032mm	33C°
5	12 Nm	6,1 Nm	0,023mm	-0,022mm	35C°
6	11,2 Nm	5,45 Nm	0,022mm	-0,02mm	32C°
7	10,83 Nm	7 Nm	0,029mm	-0,02mm	31C°
8	10,2 Nm	6,2 Nm	0,033mm	-0,023mm	35C°
9	11,3 Nm	10 Nm	0,023mm	-0,024mm	34C°
10	10,3 Nm	7,2 Nm	0,029mm	-0,021mm	32C°

2. tekrar 500rpm/60tur işlem sonrası, Dönme kırılma torku %22,5 ve dönme çalışma torku %3 değişiklik göstermiştir. Mafsalın plastik yatağa tam uyum sağlaması sebebiyle 2.tekrarda boşluk değerlerinde önemli bir değişiklik yaşanmamıştır. Numunelerin hepsi istenilen spekt aralığına girmiştir.

Yapılan bu çalışma ile, yüksek tork değeri ve üretimdeki değer farklılıkları, aynı zamanda plastik yatak boşluk değerleri stabilize edilmiştir. Geliştirilen bu sistem, üretimde bulunan tüm rot mili parçaları için kullanım imkanı sunmaktadır. Yükseklik ayarlı ekseni ile tutma mesafesi ayarlanabilmekte, reçete ile ürün grubuna göre kayıt altına alınabilmektedir. Aynı zamanda Rpm ve Tur değerleri aynı reçete sisteminde ürün grubuna göre kaydedilebilmektedir. Proses esnasında canlı sıcaklık kontrolü ile plastik yatağın ısınmaya bağlı deformasyonu önlenmiş olur. Makinenin final hali Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 6. Makine final

Kaynakça

Heibing B. ve Ersoy M. (2010). Chassis Handbook: Fundamentals, Driving Dynamics, Components. Springer Science & Business Media

MEGEP, 2011, Endüstriyel otomasyon teknolojileri: Temel pnömatik, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara

Waterkemper, L., de Medeiros Castro, R., Lopes, L. M., Inacio, L. F. F., Curi, E. I. M., ve de Campos Correa, L., (2018), Didactic system of supervision and data acquisition to evaluate the performance of hydraulic pumps. IEEE Latin America Transactions, 16(4), 1113-1120.

Wilson, M. T., Andrews, A. H., Brown, A. L., & Cordes, E. E. (2002). Axial rod growth and age estimation of the sea pen, *Halipteris willemoesi* Kölliker. *Hydrobiologia*, 471, 133-142.

Kesme Hızının Kesici Takım Sıcaklığına Etkisinin DEFORM 3D ile İncelenmesi

Muhammed Emin ÖZEMİR

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Manisa-
Turgutlu, Türkiye

muhammed.emin.stock@gmail.com

Giriş

Talaş kaldırma işlemi endüstride karşılaşılabileceğimiz en yaygın imalat tekniklerinden biridir. Sıcaklık, gerilme dağılımları ve kesme kuvvetleri gibi öneme sahip işlem değişkenlerinin tahminlerinin yapılması, takım geometrisinin tasarımında ve kesme koşullarının iyileştirilmesi açısından büyük bir etkiye sahiptir. Geleneksel talaş kaldırma yöntemlerinde, farklı takım tezgahları ile gerçekleştirilecek; frezeleme, tornalama, delme, taşlama vb. işlemlerini gerçekleştirebilmek için bir kesici takıma ihtiyaç duyarız. Malzemeden talaş kaldırılması işlemi, kesici takımın veya kesme kenarının iş parçasının talaş kaldırılacak yüzeyine temas etmesi gerekir. Temas bölgesinde talaş kaldırma işlemi, talaş kaldırma enerjisinin tezgâhtan iş parçasına iletilmesi vasıtasıyla sağlanır. Bu yüzden de tezgâh–kesici takım–iş parçası arasındaki ilişki doğru kurulmalı ve bu işlemi şekillendiren kesme parametreleri çok iyi değerlendirilmelidir.

Talaş kaldırma sırasında oluşan kesme kuvvetlerinin, kesme performansı üzerinde ve parça başına maliyet üzerinde doğrudan etkileri bulunur. Ayrıca metal ve metal alaşımlarını işlerken kullanıldığımız kesici takımların kesme kenarları yeterince keskin olmasına rağmen talaş kaldırma esnasında oluşan gerilmelere karşı zorlanırlar. Bu yüzden takımın dayanabileceği optimum kesiti ve ideal takım geometrisini bulmak için birçok araştırma yapılmıştır. Günümüzde ise kesme kuvvetlerinin ve gerilme değerlerinin önceden tahmin edilmesini sağlayan bilgisayar programları (ANSYS, DEFORM, FRANC2D) ile talaş kaldırma mekaniğinde büyük iyileştirmeler sağlanmıştır.

Talaşlı imalatta yapılan talaş kaldırma işleminin olabildiğince verimli olması istenir. Talaşlı imalatta verimliliği etkileyen en önemli faktörler; kesici takımın kesme hızı ve kesme ömrüdür. Kesici takımların kutusunda kullanılacak malzemeye uygun bir kesme hızı yazılır. Uygun kesme hızının altında veya üstünde kullanılması ucun bozulmasına sebep olur. Kesme hızı tavsiye edilen değerden küçük ise uç üzerinde çatlaklara ve iş parçasının talaş kaldırılan yüzeyinin düşük bir yüzey kalitesine sahip olmasına neden olur. Tavsiye edilen değer üstünde ise uç aşınmasına ve titreşime sebep olur.

Teknolojinin gelişmesiyle simülasyon programlarının doğrulukları test edilmiştir.

Sekmen (2013) yaptığı çalışmada talaş kaldırma esnasında oluşan kesme kuvvetlerinin değerlerini bulup karşılaştırmak için atölye deneyleri ve aynı şartlar altında DEFORM 3D paket programıyla talaş kaldırma işleminin simülasyonunu hedeflemiştir. Bu amaç ile farklı

kesme parametrelerini kullanarak, talaş kırıcı formları farklı olan kesici takımlar ile iki farklı alüminyum malzeme üzerinde deneyler yapmıştır.

Talaş kaldırarak yaptığı atölye deneylerin kesme kuvvetlerinin değerlerini ölçmek için 9257B dinamometre kullanmıştır. Simülasyon sonucu ortaya çıkan kesme kuvvetlerini deney sonuçlarıyla karşılaştırarak takımda oluşan mekanik gerilmeleri ve kesici takım üzerindeki etkileri belirlemiştir. Aynı zamanda çalışmasında kesme hızının, ilerleme hızın, takım talaş açısının, talaş kırıcı formların ve farklı kesici takım geometrilerinin kesici takım gerilmeleri üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğunu incelemiştir.

Atölye deneyleri ve DEFORM 3D simülasyonu ile elde edilen asıl kesme kuvveti değerlerinin birbirleri ile çok yakın bir dağılıma sahip olduğunu gözlemlemiştir.

Analizleri sonucunda; kesici takım geometrisi, talaş kırıcı formu, kesici takım burun yarıçapı ve kesme parametrelerinin, kesici takım üzerinde oluşan gerilmeler, gerilmelerin yeri ve değişimi ile ilgili gerçekçi bilgiler verdiğini gözlemlemiştir. Talaş kaldırma sırasında kesme kuvvetlerini belirlemek için deneysel çalışma yapmak yerine; kesme kuvvetlerinin ve mekanik gerilmelerin belirlenmesinde simülasyonun kullanılabileceğini görmüştür.

DEFORM 3D simülasyon programının doğru sonuçları verdiği tespit edildikten sonra kesici takımların iyileştirilmesi ile ilgili farklı çalışmalar yapılmıştır.

Yıldız ve ark (2020) yaptıkları çalışmada delme işleminde kullanılan kesici takımların performansının iyileştirilmesini amaçlamışlardır. Çalışmada, delme sırasında oluşan itme kuvveti ve torkun deneysel olarak belirlenmesini ve bu kesme yüklerinin kesici takım üzerindeki etkilerinin DEFORM 3D programı ile analizlerini yapmışlardır. Bu amaçla, farklı kesme parametreleri ve farklı kesme hızları kullanarak delinmemiş ve önceden delinmiş AISI 1050 numuneler üzerinde kaplamasız ve TiAlN/Tin kaplamalı yekpare karbür matkaplarla çeşitli delme deneyleri gerçekleştirmişlerdir. İtme kuvveti ve torkun matkap üzerindeki gerilme etkilerini analiz etmek için Kistler 9272 tipi dinamometre kullanmışlardır.

Matkabın performansını iyileştirmek için ise DEFORM 3D programını kullanarak delme işlemini simüle ederek kesme parametreleri ile gerilmeler arasındaki ilişkileri incelemişlerdir.

Sonuç olarak;

- Gerilmelerin genellikle matkap ucundaki kesme kenarı etrafında ve helisel şekilde olduğunu bulmuşlardır. Bunların etkilerinin de yan yüzeylerde ve kısmen kesici kenarın dış köşesinde devam ettiğini bulmuşlardır.
- Olası matkap aşınması veya hasarı, matkabın kesici kenarı etrafında aşınma veya körelme şeklinde olabileceğini, daha ileri durumlarda kesici kenardan başlayarak kırılabileceğini görmüşlerdir.
- DEFORM 3D programının kesici takım üzerinden doğrudan gösteren veya görselleştiren bir özellik olmamasına rağmen, gerilmelerin dolaylı da olsa tespit edilebileceğini görmüşlerdir.
- Bu çalışmanın tornalama ve frezeleme gibi diğer talaş kaldırma işlemlerine uygulanabileceğini ve kesici takımların tasarımına ilişkin değerlendirmelerin tersine mühendislik ile kolaylıkla yapılabileceğini görmüşlerdir.

Güven ve ark (2023) sonlu elemanlar analizlerinin metal kesme operasyonlarında sıkça kullanıldığını belirtmişlerdir. Analizlerin, metal kesme işlemlerinde optimum işleme parametrelerinin belirlenmesinde uygun kesici takım malzemesi ile geometrisinin tayin edilmesine imkân verdiğini belirtmişlerdir. Bu yöntemlerin, fiziksel ortamda deneysel

çalışmalara gerek olmadan, zaman ve maliyetten kazanç sağlayarak gerçeğe en yakın tahminlerin elde edilmesinin mümkün kaldığını belirtmişlerdir.

Çalışmalarında, tornalama operasyonunda farklı kesici takım parametrelerini, sonlu elemanlar analizi ile incelemişlerdir. Farklı seviyelerde ortogonal dizi kullanarak ele alınan işleme parametrelerinin talaş kaldırma oranı ve morfoloji üzerine oranını araştırmışlardır.

İş parçası ve kesici takım malzemesi olarak sırasıyla AISI 1030 çeliği TiN kaplamalı tungsten karbür kesici takım kullanmışlardır. Kesici takımları SolidWorks tasarım programında oluşturmuşlardır. Sonlu elemanlar analizlerini de DEFORM 3D yazılımını kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Analizler sonucunda talaş kaldırma oranını iş parçasındaki hacimsel farkın tespit edilmesi le hesaplamışlardır. Talaş morfolojisini de tornalama sırasında farklı noktalardan alınan ölçümler neticesinde değerlendirmişlerdir.

Yaptıkları çalışmada, talaş kaldırma oranı üzerinde en etkili parametrenin kesme derinliği ve etkisi en düşük parametrenin takım uç yarıçapında ele alınan seviyeler olduğunu tespit etmişlerdir. İlerleme oranına bağlı olarak talaş formunda önemli değişimlerin olduğunu gözlemlemişlerdir. Sonuç kesici takım ve iş parçasının etkileşimi için geliştirilen sonlu elemanlar modellerinin talaş kaldırma oranı ve morfolojisi üzerinde makul bir doğrulukta tahmin gerçekleştirildiği saptanmıştır.

Mugilan ve ark (2023) delme sıcaklığını, itme kuvvetini ve delme süresini azaltmak için UNS S311603 delme işlemi simülasyonunu incelemişlerdir. Simülasyon programı olarak DEFORM 3D programını kullanmışlardır. DEFORM 3D programı ile kesme hızı ve ilerleme hızının bir fonksiyonu olarak sıcaklık değişimlerini incelemeyi amaçlamışlardır. Yaptıkları çalışma, ilerleme hızının veya kesme hızının artırılmasının sıcaklık artışına sebep olduğunu görmüşlerdir. Sonuç olarak; 312 N minimum kesme kuvveti ve 540 °C minimum sıcaklık elde etmek için 260 rpm hız, 1,2 mm/dak ilerleme hızı ve 90 derecelik matkap açısı olarak belirlemişlerdir. Sonunda aşırı ısı gelişimini, itme kuvvetini ve delme süresini azaltmaya yardımcı olabilecek optimum değerleri elde etmişlerdir.

Sekmen ve ark (2023) karbür kesici takımlarla AISI 1050 çeliği üzerinde farklı kesme parametreleri ile deneyler yapmışlardır ve dinamometre ile kesme kuvvetlerini ölçmüşlerdir. Kesme parametrelerini referans alarak DEFORM 3D programı ile simülasyonlar yapmışlardır. Farklı sürtünme katsayıları ile yaptıkları simülasyon sonuçları ile deneysel sonuçları karşılaştırmışlardır. Ayrıca sürtünme katsayısının sıcaklık ve kesici takım üzerindeki etkilerini incelemişlerdir.

Yaptıkları deney ve simülasyonlarda 0.4 ve 0.5 sürtünme katsayılarının sonuçları birbirine çok yakın çıktığını görmüşlerdir. Analizleri sonucunda sürtünmenin kesici takım gerilmeleri ve sıcaklık üzerinde çok etkili olduğunu gözlemlemişlerdir.

Materyal ve Metot

Tornalama operasyonu için sıcaklık tahminini gerçekleştirmek üzere üç farklı hızda (20, 40, 80), iki farklı kesici takım (CCGT060204-UM, CPMT060204-KM) ile Ti-5553 malzeme simülasyon üzerinde işlenmiştir. Simülasyon için DEFORM3D programı kullanılmıştır. Kesici takım geometrisi DEFORM 3D yazılımına getirilerek takım tutucu ile talaş ve boşluk açıları

verilmiştir. Deneysel tasarımı, kesici takım ve iş parçası malzemesi atamaları ve parametreleri Tablo 1’de yer alan değerlere baz alınarak oluşturulmuştur.

Tablo 1. Sonlu elemanlar yönteminde kullanılan malzemeler ve kesme parametreleri.

Kesme Derinliği (mm)	1
İlerleme Oranı(mm/dev)	0,1
Kesici Takım Uç Yarıçapı (mm)	0,4
Kesme Hızı (m/dak)	20, 40, 80
Kesme Uzunluğu (mm)	5
Ortam Sıcaklığı (°C)	20
İş Parçası Malzemesi	Ti-5553
Kesici Takım Malzemesi	WC
Kesme Ortamı (Soğutma)	Kuru

Analizin basite indirgenmesi için hiçbir soğutma sıvı katsayısı değeri tanımlanmamıştır. Kesici takım tutucusu olarak programın kendi kütüphanesinde bulunan DCKNL kullanılmıştır. Simülasyonun hızlı olması açısından iş parçası ve kesici takım 5000 parçaya ayrılmıştır. Analizlerin daha hızlı gerçekleşmesi için basitleştirilmiş üç boyutlu kesme modeli tercih edilmiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda takım-talaş arayüz sıcaklıkları elde edilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

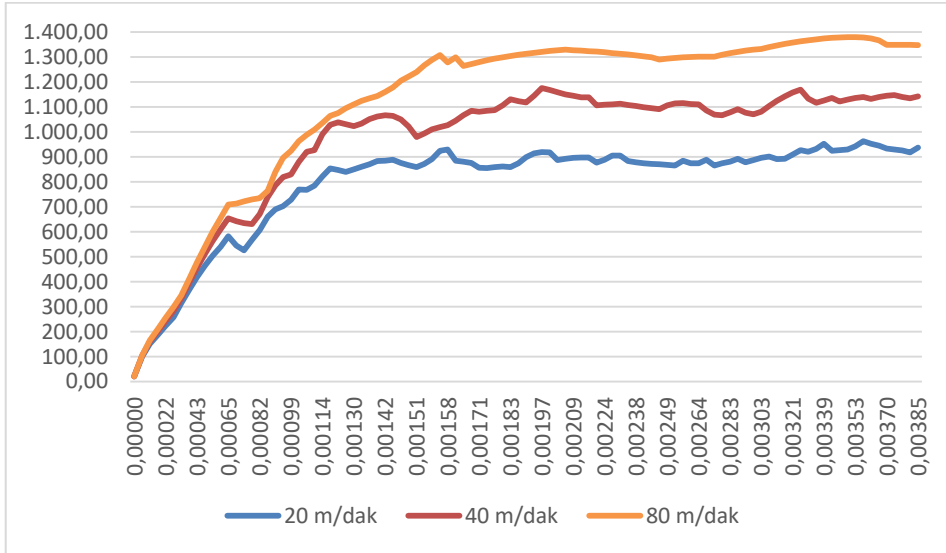
Kesme hızına bağlı olarak ulaşılan maksimum sıcaklık değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Simülasyonda iki farklı kesici takım ve üç farklı ilerleme hızına bakılarak en az kesme alanı sıcaklığının 20 m/dak kesme hızı ve CCGT060204-UM kesici takım ile maksimum ulaşıldığı sıcaklığın 353,04 °C olduğu görülmüştür. En az kesici takım sıcaklığının ise 20 m/dak ilerleme hızı ve CPMT060204-KM kesici takım ile maksimum ulaşıldığı sıcaklığın 84,48 °C olduğu görülmüştür.

Tablo 2. Ulaşılan maksimum sıcaklık değerleri.

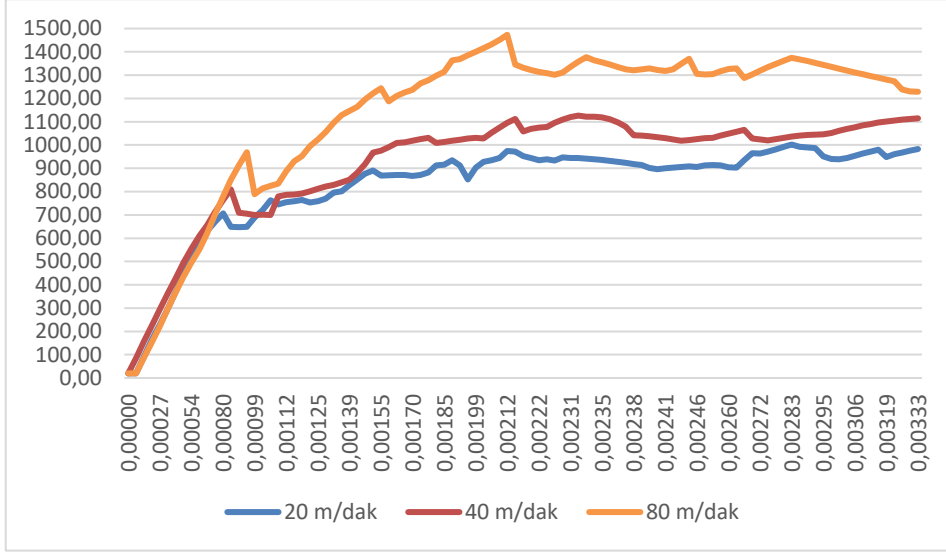
Kesici Takım	İlerleme Hızı (m/dak)	Kesme Alanı Maksimum Sıcaklığı (°C)	Kesici Takım Maksimum Sıcaklığı (°C)
CCGT060204-UM	20	962,62	86,56
	40	1175,51	106,80
	80	1379,79	120,79
CPMT060204-KM	20	1002,18	84,48
	40	1126,35	106,32
	80	1473,20	121,98

Ti-5553 malzeme düşük ısı iletkenliğine sahiptir. Kesme işlemi esnasında oluşan sıcaklıkları iş parçasına ve talaşa aktaramadığı için bütün sıcaklık kesme alanında toplanmıştır. Bu da kesme alanının çok yüksek sıcaklıklara ulaşmasına sebep olmuştur.

Grafik 1. CCGT060204-UM kesici takım ile tormalanan iş parçasının kesme alanı sıcaklık-zaman grafiği.

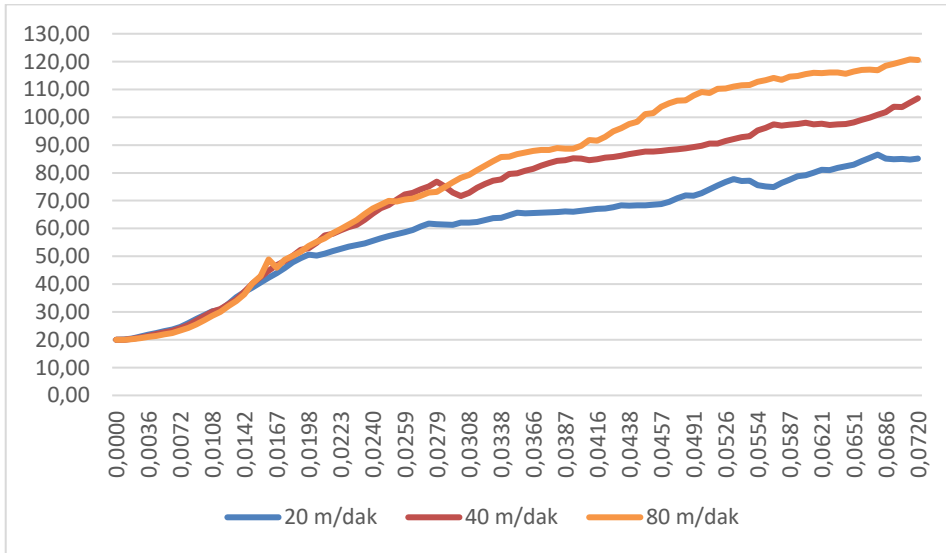


Grafik 2. CPMT060204-KM kesici takım ile tornalanan iş parçasının kesme alanı sıcaklık-zaman grafiği.

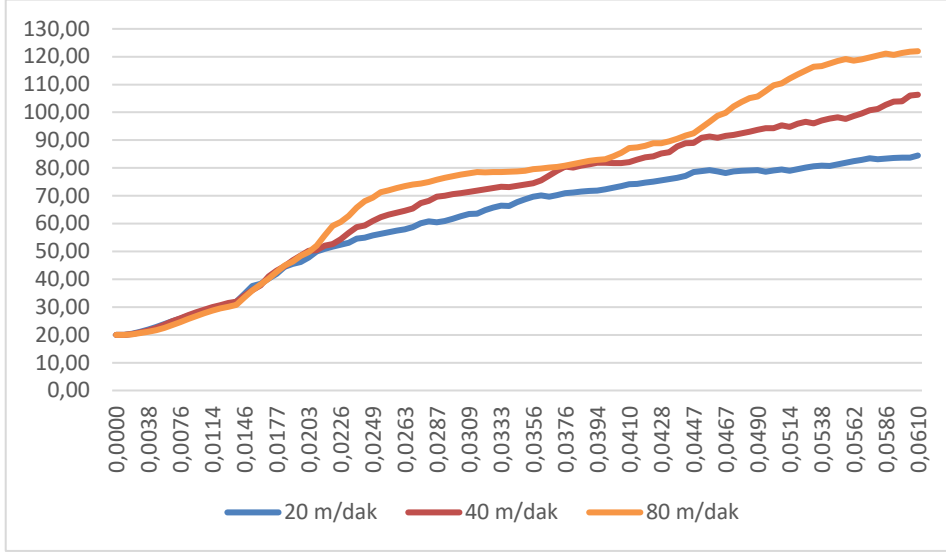


Grafik 1. ve Grafik 2’de görüldüğü üzere iş parçasında hızlı bir sıcaklık artışı gözlemlenmiştir. Belirli bir süre sonra dalgalı ama daha doğrusal artan sıcaklık değerleri gözlemlenmiştir.

Grafik 3. CCGT060204-UM kesici takımının kesici takım sıcaklık-zaman grafiği.



Grafik 4. CPMT060204-KM kesici takımın kesici takım sıcaklık-zaman grafiği.



Grafik 3. ve grafik 4.’ de görüldüğü üzere kesici takımların sıcaklık-zaman grafiklerini incelersek, iş parçası sıcaklığına göre daha doğrusal bir sıcaklık artışı sergilediklerini görürüz.

Sıcaklık artışlarının ve ulaşılan maksimum sıcaklıkların kesme hızı parametresine bağlı olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Tornalama sırasında kesme hızı arttıkça iş parçasında ve kesici takımında ulaşılan maksimum sıcaklıklarının arttığı görülmüştür.

Kesme alanında sıcaklıkların bu denli artması hem iş parçası için hem de kesici takım için büyük olumsuzlukları beraberinde getirir. Bu denli sıcaklığa maruz kalan kesici takımların ömürleri kısa olur. Kesici takımlarda sıcaklık artışı ile paralel olarak körelme ve kırılma oranı da artış gösterir.

Çalışma ortamındaki sıcaklığın az olması için kesme hızınının 20 m/dak alınması gerekir. Aynı şekilde kesme hızını azaltmak kesici takım sıcaklığını da düşürdüğü görülmüştür. Bu yüzden takım sıcaklığını düşük tutmak ve oluşabilecek deformasyonları önlemek için kesme hızını 20 m/dak almak doğrudur.

Teşekkür

Simülasyon programını seçiminde bana yardımcı olan sayın Dr. Öğr. Üyesi Elif MALYER hocama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu bildiriye hazırlamamda bana yardımcı olana sayın Dr. Öğr. Üyesi Özgür SOLMAZ hocama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Kaynakça

- Güven, S., Gökkaya, H., Sur, G., Motorcu, A. R., 2023. “Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Tornalama Operasyonunda Kesme Parametrelerinin Talaş Kaldırma Oranı ve Morfoloji Üzerine Etkilerinin İncelenmesi”. 11th International Congress on Engineering, Architecture and Design 1:249-59.
- Güven, S., Gökkaya, H., Sur, G., Motorcu, A. R., 2023. “Tornalama Operasyonunda Farklı İşleme Parametrelerinin Kesme Kuvveti ve Sıcaklığı Üzerine Etkisinin Sonlu Elemanlar Analizi ile İncelenmesi”. 11th International Congress on Engineering, Architecture and Design 1:239-48.
- Mugilan, T., Sridhar N., Santhosh S., Teddy Jefri G., Yokesh K. S., 2023. “Optimization of DEFORM-3D simulated drilling of UNSS31603-steel by integrated MOORA coupled PCA technique”. Materials Today: Proceedings. doi: 10.1016/J.MATPR.2023.01.355.
- Sekmen, M., Kurt, A., Kafkas, F., 2023. “Talaş Kaldırma İşleminde Sürtünme Katsayısının Kesme Kuvvetleri, Sıcaklık ve Kesici Takım Gerilmeleri Üzerine Etkisi”. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 13(2):1176-88.
- Sekmen, M., 2013. “Talaş Açısının Kesme Kuvvetleri ve Mekanik Gerilmeler Üzerindeki Etkilerinin Simülasyonu ve Deneysel Olarak Doğrulanması”. Doktora Tezi. Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Iğdır, Türkiye.
- Yıldız, A., Kurt, A., Yağmur, S., 2020. “Finite element simulation of drilling operation and theoretical analysis of drill stresses with the deform-3D”. Simulation Modelling Practice and Theory 104:102153. doi: 10.1016/J.SIMPAT.2020.102153.

Metalik Görünüme Sahip Akrilonitril Bütadien Stiren (ABS) Kompozit Malzeme Geliştirilmesi

Murat Parmak¹, Emre Bağcivan¹, Mehmet Sarıkanat², Lütfiye Altay²,
Yoldaş Seki³

¹İzmir Eğitim Sağlık Sanayi Yatırım A.Ş., Ar-Ge Merkezi, Manisa, Türkiye

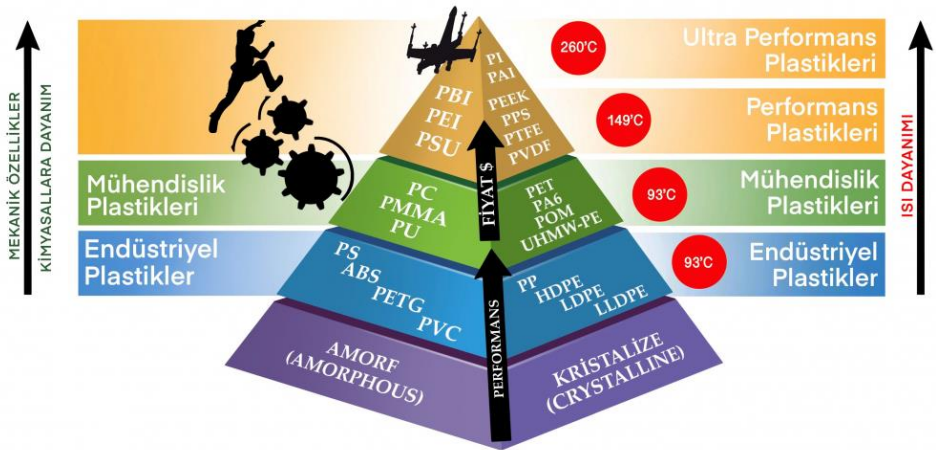
²Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İzmir, Türkiye

³Dokuz Eylül Üniversitesi Kimya Bölümü, İzmir, Türkiye

murat.parmak@imspolymers.com

Giriş

Termoplastik olarak bilinen polimerler ısıtılabilir, işlenebilir ve daha sonra soğumaya ve katılaşmaya bırakılabilir. Soğuduktan sonra kimyasal özelliklerini korurlar, böylece yeniden eritilip tekrar tekrar kullanılabilirler. Çok sayıda termoplastik çeşidi vardır ve her birinin esnek, güçlü ve yapışmazlık gibi benzersiz kullanım alanları ve özellikleri vardır. Termoplastikler, şeker pancarı ve diğer yenilenebilir ve biyolojik olarak parçalanabilen kaynaklar da dahil olmak üzere çeşitli malzemelerden yapılır. Çok çeşitli tüketici ve ev ürünlerinin yanı sıra inşaat, havacılık, otomotiv, elektronik, demiryolu, petrol ve enerji endüstrilerinde de kullanılmaktadırlar. Şekil 1 de termoplastikler ve kullanım alanları gösterilmektedir.

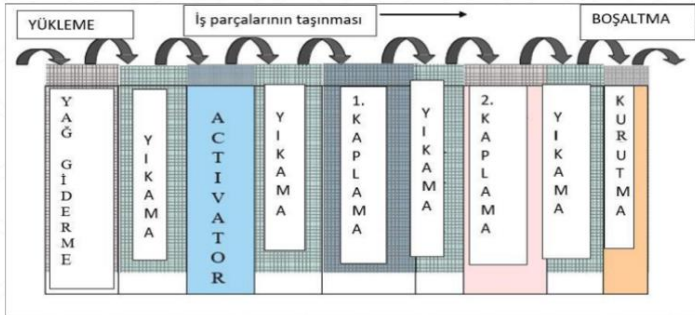


Şekil 1: Termoplastik malzeme grupları (Anon.a, 2023).

Akrilonitril Bütadien Stiren (ABS)’i polimerize etmenin en sık kullanılan yöntemi, normalde tek bir üründe bir araya gelmeyen çeşitli bileşenleri birleştirmenin ustaca bir tekniği olan emülsifikasyondur. Akrilonitril, üç monomer karıştırıldığında diğer iki bileşenle kutupsal bir çekim oluşturarak güçlü ve son derece dayanıklı bir nihai ürün oluşturur. Nihai ürünü daha da değiştirmek için işlem sırasında her monomerin değişen miktarları eklenebilir. ABS $(C_8H_8)_x \cdot (C_4H_6)_y \cdot (C_3H_3N)_z$ kimyasal formülüne sahip yaygın bir termo- polimer maddedir. Genellikle akrilonitril, bütadien ve stirenin sırasıyla %15–35, %5–30 ve %40–60 oranı aralıklarında karıştırılmasıyla hazırlanır (Swetham vd., 2017).

ABS, dayanıklılık ve sertlik için bütadien, kimyasal ve termal stabilite ise akrilonitril tarafından sağlanır. Polimer, stirenden dolayı hoş ve parlak bir yüzeye sahiptir. ABS'nin erime noktası düşük olduğu için 3D baskı ve enjeksiyon kalıplamada kolaylıkla kullanılabilir. Ayrıca plastiğin yüksek çekme mukavemeti ve kimyasal ve fiziksel korozyona karşı olağanüstü direnci, zorlu iklim koşullarına ve ağır kullanıma dayanabilmesini sağlar. ABS, çok çeşitli boya ve yapıştırıcılarla iyi çalışan parlak bir yüzey kaplamasına sahiptir ve kalıplanması, zımparalanması ve şekillendirilmesi kolaydır. ABS plastikler rengi iyi absorbe ettiğinden, bitmiş ürünler proje spesifikasyonlarına uyacak şekilde hassas bir şekilde renklendirilebilir (Grimberg vd., 1994).

Geleneksel kaplama yöntemlerinde ABS yüzeyi kromik asit gibi kuvvetli oksitleyici kimyasallarla aşındırıldığında ABS'nin bütadien kısmı çözülür ve nano veya mikro boyutlu boşluklar oluşur. Polimerin güçlü oksidasyonu sonucunda yüzey hidrofilik ve pürüzlü hale gelir. Kromik asitle aşındırma yapılan bu adımda plastik 65-70°C'lik yüksek sıcaklıkta banyoya girer. Ardından aktivasyonu sağlamak için paladyum ve kalay bazlı çözeltiler kullanılır ve bakır, nikel, krom gibi metaller ile kaplama yapılır. Ancak proseste kullanılan çeşitli kimyasallar çevre ve insan sağlığı açısından ciddi tehlike potansiyeline sahiptir. Literatürde bu konuda çeşitli çalışmalar yapılsa da kullanılan yöntemler ve kimyasallar benzer olduğundan yeterli olmamıştır. Ayrıca geleneksel kaplama yöntemi için ekstra işçilik ve süre gerektiği için geleneksel kaplama yönteminde kullanılan hammaddeler ile nihai ürünün birim fiyatı artmaktadır (Şekil 2)



Şekil 2: Geleneksel kaplama yöntemi akış şeması (Anon.b 2023).

Bu çalışma kapsamında geleneksel yöntem değiştirilerek, ekstrüzyon yöntemi ile üretimi gerçekleştirilecek olan ABS kompozit malzeme sayesinde çevreye ve insana verilen zararlar ortadan kaldırılması hedeflenmiştir. Kaplama prosesi sonradan uygulanan bir işlem olduğundan kalıcı değildir ancak bu çalışma ile üretilecek kompozit malzemeler doğrudan polimerik matris içerisine eklenen boya ile kendiliğinden metalik görünüme sahip olacağından tamamen kalıcı olacaktır. Geleneksel kaplama yöntemi ve geliştirilen boya ile üretilecek olan kompozit

malzemelerin maliyetleri kıyaslandığında sonuç olarak birim maliyetlerde bir iyileştirme olacaktır.

Materyal ve Metot

Termoplastik kompozit malzeme üretiminde matris malzemesi olarak Toray Industries, Inc. firmasından tedarik edilen Akrilonitril Bütadien Stiren (ABS) hammaddesi kullanılmıştır. Matris malzemesinin yanı sıra proses yardımcıları ile metalik masterbatch malzemesi kullanılmıştır.

Metalik görünüme sahip kompozit malzemelerin üretimi çift vidalı ekstrüzyon yöntemi ile gerçekleştirilmiş olup tork, sıcaklık profili ve vida hızı gibi proses parametreleri optimize edilmiştir. Çift vidalı ekstrüder ile üretimi gerçekleştirilen granül formdaki kompozit malzemelere ait test numunelerinin basımı, enjeksiyon kalıplama yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

Enjeksiyon kalıplama ile basımı gerçekleşen test numunelerinin fiziksel, mekanik ve reolojik özellikleri farklı karakterizasyon teknikleri incelenmiştir. ISO 1183 standardına göre yoğunluk tayini MS Densitometre kullanılarak yapılmıştır. ISO 527 standardına göre maksimum çekme dayanımı testi Hegewald & Peschke marka çekme cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çekme testi, 50 mm/dk’da 5 kN koşullarında gerçekleştirilmiştir. ISO 180 standardına göre izod ve charpy darbe dayanımı testi gerçekleştirilmiştir. ISO 1133 standardına göre erime akış hızı tayini (g/10dk) Göttfert Mi-2 marka cihaz ile gerçekleştirilmiştir. Renk değerlerinin ölçümleri ise Konica Minolta firmasının SpectraMagic NX model cihazı ile D65 standardına uygun şekilde gerçekleştirilmiştir.

Bulgular

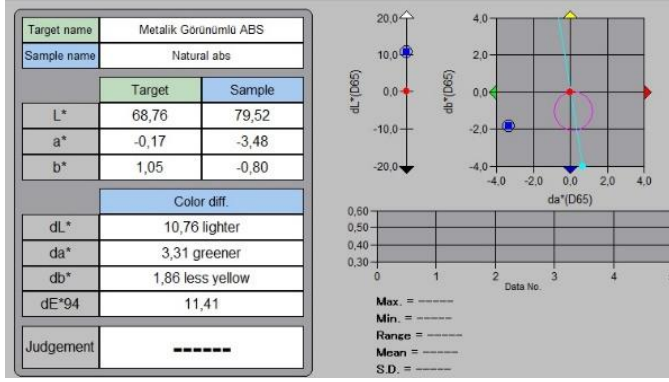
Deneyel çalışmalar neticesinde elde edilen en uygun formülasyon ve proses parametreleri ile elde edilen metalik görünümüne sahip ABS bazlı termoplastik kompozit malzemenin fiziksel, mekanik ve reolojik sonuçlarının katkısız ABS kompozit malzemesinin sonuçlarına ait karşılaştırma tablosu aşağıda verilmiştir. (Tablo 1).

Deney sonuçları değerlendirildiğinde metalik görümlü ABS kompozit malzemesinin yoğunluk, maksimum çekme dayanımı, elastisite modülü, erime akış hızı ve kopmadaki birim şekil değiştirme değerlerinde düşüş tolere edilebilecek düzeyde olmuştur. Metalik görümlü ABS kompozit malzemesinin Çentikli ve çentiksiz Izod darbe dayanımı, çentikli ve çentiksiz Charpy darbe dayanım değerlerinde doğal renkli ABS kompozit malzemesine göre %10-15 oranında bir değer düşüş meydana gelmiştir.

Tablo 1: Metalik ABS ve doğal görünümlü ABS termoplastik kompozitlerine ait mekanik değerlerin karşılaştırılması

Kontrol Edilen Özellik	Birim	Standart	Metalik ABS	Doğal ABS
Yoğunluk	g/cm ³	ISO 1183	1,05±0,01	1,05±0,01
Erime Akış Hızı	g/10dk	ISO 1133	16±1	21±2
Maksimum Çekme Dayanımı	MPa	ISO 527	53±2	51±3
Elastisite Modülü	MPa	ISO 527	2580±75	2420±68
Kopmadaki Birim Şekil Değişirme	%	ISO 527	15±3	26±3
Izod Çentikli Darbe Dayanımı / (23 °C)	kJ/m ²	ISO 180	18±1	21±1
Izod Çentiksiz Darbe Dayanımı / (23 °C)	kJ/m ²	ISO 180	73±4	90±1
Charpy Çentikli Darbe Dayanımı / (23 °C)	kJ/m ²	ISO 180	19±1	23±1
Charpy Çentiksiz Darbe Dayanımı / (23 °C)	kJ/m ²	ISO 180	95±3	110±3

Doğal ABS ve metalik görünümlü ABS plakalarına ait renk ölçüm değerleri incelendiğinde, açıklık (dL) değerinden 10,76’lık azalma olduğu görülmektedir (Şekil 3). Bu durum plakanın gri renk tonuna yaklaştığını doğrulamaktadır. Diğer renk değerleri olan da ve db sonuçları yorumlandığında, renk tonunun griye yaklaştığını göstermektedir. Renk ölçümü gerçekleştirilen plakalara ait görseller Şekil 4’te verilmiştir. Ürünlerin enjeksiyon baskı sonuçları şekil 5’te yer verilmiştir.



Şekil 3: Metalik görünümlü ve naturel ABS kompozit malzemelerin renk değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil 4: Metalik görünümlü ve doğal görünümlü ABS kompozit malzemelerin görsel olarak karşılaştırılması.

Ürünlerin enjeksiyon kalıplama yöntemi ile üretilmesi sonucu elde Şekil 5’te verilmiştir.



Şekil 5. Elde edilen ürünler

Sonuçlar

Geliştirilmiş olan metalik görünümlü Akrilonitril Bütadien Stiren (ABS) kompozit malzeme sayesinde, geleneksel kaplama prosesi esnasında yüksek miktarda kimyasal kullanımına bağlı olarak oluşan toksik gaz ve maruziyeti önlenmiş, buna bağlı olarak insan sağlığı ve çevre için olumsuz etkilerinin önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca proses esnasında açığa çıkan tehlikeli atıkların çevre ve su kaynaklarına verebileceği potansiyel zarar önlenmiştir. Bir diğer proje çıktısı olarak nihai ürünün işletme maliyetlerinde iyileşme olmuştur. Yapılan çalışmalarda geleneksel kaplama yöntemine göre nihai ürünün parlaklığında görsel olarak azalma gözlemlenmiş olup, gelecek çalışmalarda iyileştirmeler gerçekleştirilecektir. Geleneksel kaplama yöntemi ile metalik görünüm sağlanan ürünlerin geri dönüştürülmesi mali ve proses açısından oldukça zahmetli ve maliyetlidir. Küresel ısınmanın etkileri göz önüne alındığında sürdürülebilir bir dünya için geri dönüşümü mümkün olan, karbon ayak izinin minimum seviyede olduğu ürünlerin kullanımı gerekmektedir. Geliştirmiş olduğumuz ürün sayesinde nihai ürün geri dönüştürülebilir hale gelmiş ve kaplama prosesinin sebep olduğu karbon ayak izinin önüne geçilmiştir.

Kaynakça

- Anon.a (2023). Plastiklerin Performans Piramidi. Burç MPC. (n.d.). <https://burcmpc.com/plastiklerin-performans-piramidi/> [Erişim Tarihi: 20.12.2023]
- Anon.b (2023). Yüzey İşlemleri Uygulayan Tesisler Saha Kontrol Listesi. (n.d.-b). https://webdosya.csb.gov.tr/db/sanayihavarehberi/icerikler/27_kl_yuzey-islemler-20200103085857.pdf [Erişim Tarihi: 19.12.2023]
- Grimberg, I., Bouaifi, B., Draugelates, U., Soifer, K., & Weiss, B. Z. (1994). Microstructure and adhesion mechanisms of TiN coatings on metallized acrylonitrile-butadiene-styrene. *Surface and Coatings Technology*, 68, 166-175. [https://doi.org/10.1016/0257-8972\(94\)90155-4](https://doi.org/10.1016/0257-8972(94)90155-4).
- Swetham, T., Reddy, K. M. M., Huggi, A., & Kumar, M. N. (2017). A Critical Review on 3D Printing Materials and Details of Materials used in FDM. *Int. J. Sci. Res. Sci. Eng. Technol*, 3, 353-361.

Kombilerde Brülör Tasarımı ve Hava-Gaz Karışımının Önemi

**Deniz Damgacı, Sinan Yücedağ, Mustafa Ali Dalgıç, Erdal Küpeliöglü,
Kağan Coşkun**

Viessmann Manisa Isı Teknolojileri Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.

Ar-Ge Departmanı

Manisa - Yunusemre, Türkiye

dmgd@viessmann.com

ycgs@viessmann.com

dlgm@viessmann.com

kple@viessmann.com

cosk@viessmann.com

Giriş

Günümüzde çevremize olan yan etkileri ve giderek artan enerji maliyetleri nedeniyle; hidrokarbon bileşiği içeren yakıtların kullanımında çevresel sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır. Özellikle ısıtma teknolojileri, bu konuda önemli bir rol oynamaktadır. Yakıtın stokiyometrik olarak yanması için gereken hava (oksijen) miktarı yetersiz olduğunda eksik yanma reaksiyonu gerçekleşir. Bu reaksiyon sonucunda karbondioksit, karbonmonoksit, NO_x gibi çevreye zararlı bileşenler ortaya çıkar. Bununla birlikte aynı miktarda yakıttan elde edilecek enerji oranı yani verim düşer. Hem çevreye olan zararlı etkinin azaltılması hem de tam yanma sağlanarak verimin artırılması için; ısıtma cihazları içerisinde kullanılacak komponentlerin doğru seçilmesi ve tasarlanması gerekmektedir. Kombi içerisinde kullanılan en önemli komponentlerden biri de "brülör" olarak adlandırılan parçadır.

Materyal ve Metor

Yanma

Yanıcı bir maddenin, oksijen ve ısı ile birleşmesi sonucu oluşan kimyasal bir tepkimedir. Bir cisim ısı aldıkça moleküllerinin hızı artar. Bunun sonucunda oksijen ile birleşme imkanı doğar. Ortam havasında bulunan oksijen miktarının en az %14 olması halinde yanma olayı başarılı bir şekilde gerçekleşir. Yanıcı madde, ısı ve oksijen üçlüsünden herhangi birinin olmaması, yanma olayının gerçekleşmesine engel olacaktır.

Tam Yanma

Yakıtın stokiyometrik olarak yanması için gereken hava yeterli olduğunda gelişen reaksiyondur. Tam yanma reaksiyonu sonucunda karbondioksit ve su oluşur.

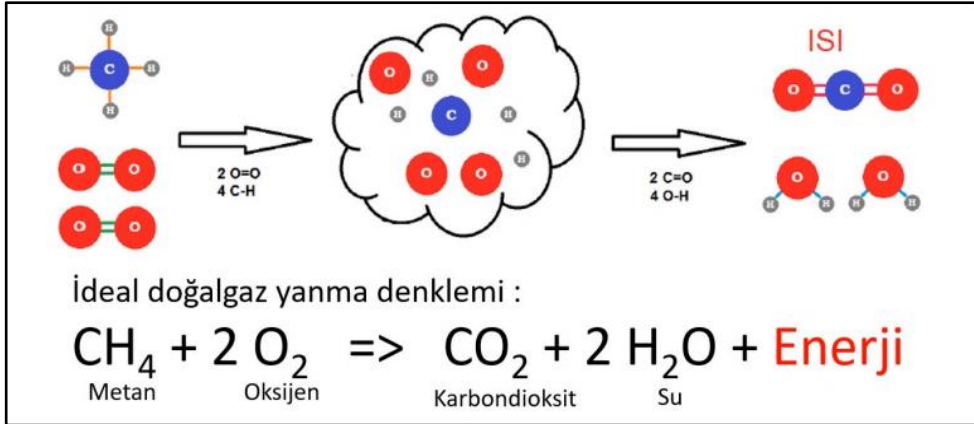
Eksik Yanma

Yakıtın stokiyometrik olarak yanması için gereken ideal oranda hava gaz karışımının olmadığı durumda gelişen reaksiyondur. Eksik yanma reaksiyonu sonucunda karbondioksit, karbonmonoksit, kükürtdioksit, NO_x gibi zararlı bileşenler ortaya çıkabilir. Bu reaksiyon 2 farklı şekilde meydana gelebilir:

- Havanın az, yakıtın fazla olduğu durum: Lambda 1,2’den küçüktür. Karışım yakıtça zengin bir haldedir.
- Havanın fazla, yakıtın az olduğu durum: Lambda 1,2’den büyüktür. Karışım yakıtça fakir bir haldedir.

İdeal Doğalgaz Yanma Denklemi

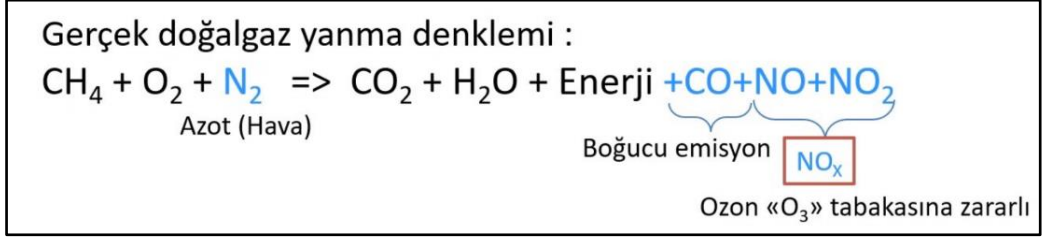
Doğalgazın ideal olarak yanması, metanın (CH₄) oksijen (O₂) ile birleşmesi sonucunda karbondioksit (CO₂), su (H₂O) ve ısının oluştuğu bir tepkimedir. (Şekil 1)



Şekil 1: İdeal Doğalgaz Yanma Denklemi

Gerçek Doğalgaz Yanma Denklemi

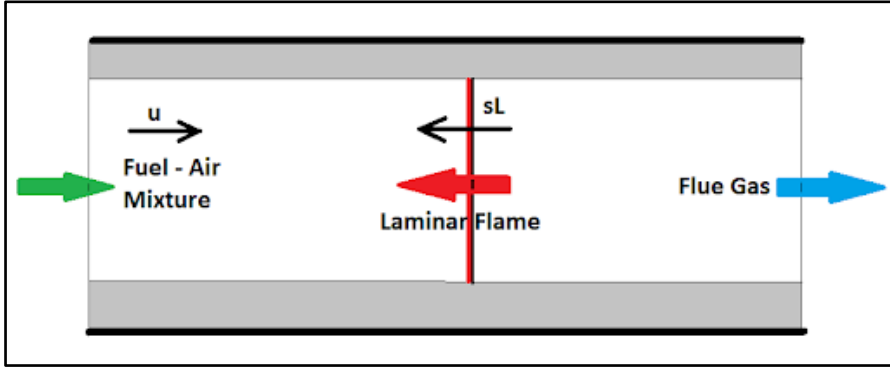
Gerçek doğalgaz yanma denkleminde, ideal denklemden farklı olarak metan (CH₄) ve oksijenin (O₂) birleşmesine ek olarak havada var olan azot da (N₂) tepkimeye katılır. Ürün bölümünde ise ilave olarak; karbonmonoksit (CO), azot monoksit (NO), azot dioksit (NO₂) gibi atık gazlar açığa çıkar. (Şekil 2)



Şekil 2: Gerçek Doğalgaz Yanma Denklemi

Laminer Yanma Hızı ve Alev Kararlılığı

Laminer yanma hızı (sL), alev cephesinin yanmamış yakıt - hava karışımına yayılma hızı olarak tanımlanır ve hem yakıtın hem de havanın sıcaklığına, basıncına ve hava fazlalık oranına (λ) bağlıdır. Laminer yanma hızı (sL) ve yanmamış yakıt - hava karışımı hızı (u) alev kararlılığı için önemli bir rol oynar. (Şekil 3)



Şekil 3: Laminer Yanma

- Eğer $sL < u$ ise; alev yanma odasından baca gazı kanalına doğru dışarı üflenecektir. (alev kopması)
- Eğer $u = -sL$, ancak ters yönde olduğunda; alev kararlıdır. (optimum yanma)
- Alev kararlı iken, sL artarsa ve u 'ya çok yaklaşırsa; alev brülöre daha yakın stabilize olur ve brülör aşırı ısınır. (NO_x oluşumu)
- Eğer $sL > u$ ise; alev yukarı doğru hareket eder, enjektöre yakın bir stabilizasyon noktası bulur ve brülörün kendisine zarar verir (alev geri tepmesi).

Alev Kopması (Flame Blowoff)

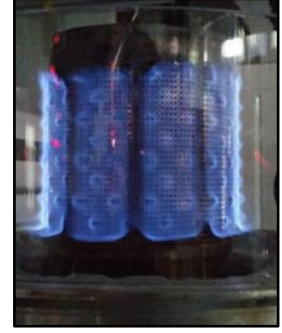
Yanmamış yakıt- hava karışımı hızının, laminer yanma hızından büyük olması koşulunda; alevin brülörün çok üzerinde oluşması ve aniden sönmeye geçmesi durumu alev kopması denir. (Şekil 4)

4) Bu durum gazın az, havanın fazla olması (fakir karışım, yüksek lambda oranı) sonucu

yaşanabilir. Böyle bir durumda karbonmonoksit (CO) emisyonu artar ve yanma verimi düşer. (Şekil 5)



Şekil 4: Alev Kopması



Şekil 5: Brülörde Alev Kopması

Alev Geri Tepmesi (Flame Flashback)

Laminer yanma hızının, yanmamış yakıt- hava karışımı hızından büyük olması koşulunda; alev boyunun kısa kalması ve devamında alevin kaynağa doğru yürümesi durumuna alev geri tepmesi denir (Şekil 6). Bu durum gazın fazla, havanın az olması (zengin karışım, düşük lambda oranı) sonucu yaşanabilir. Böyle bir durumda karbonmonoksit (CO) ve NO_x emisyonu artar (Şekil 7).



Şekil 6: Alev Geri Tepmesi



Şekil 7: Brülörde Alev Geri Tepmesi

3. Lambda Oranı (λ)

Lambda oranı (λ), karışım içerisinde bulunan hava ve gaz miktarlarına göre değişiklik gösterir. Hava- gaz karışımı oranının farklılıkları, brülörün çevresinde oluşan alevin özelliklerini ve yanma kararlılığını etkilemektedir. Lambda oranındaki değişim, emisyon değerlerini, çıkan atık gazların dağılımını ve yanma verimini etkiler.

Lambda oranını bulmak için çeşitli yollar vardır:

$$\lambda = \frac{\left(\frac{\text{Hava}}{\text{Yakıt}}\right)}{\text{Stokiyometrik Oran}}$$

Baca gazından ölçülen oksijen miktarı ile de lambda oranı hesaplanabilir:

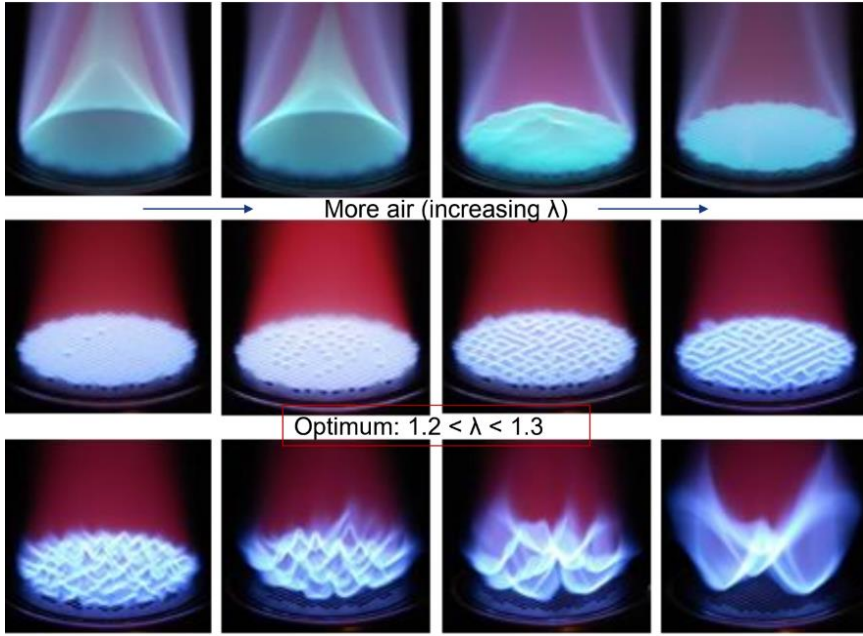
$$\lambda = \frac{21}{(21 - \text{Ölçülen Oksijen Miktarı})}$$

Doğalgaz ile İdeal Yanma için Optimum Lambda Oranı

Doğalgazın ideal şartlarda verimli olarak yanması için optimum lambda oranı, 1,2 ile 1,3 değerleri arasındadır. (Şekil 9) Farklı yakıtlarda bu optimum değer değışkenlik gösterebilir.

Lambda oranı 1,2’den daha küçük değerlere doğru gittikçe; brülör üzerinde oluşan alevin geri tepme potansiyel riski artar. Brülör aşırı ısınmaya başlar ve dolayısıyla NO_x emisyonu ortaya çıkar. Yanma havasının yetersiz olması sebebiyle; karbonmonoksit (CO) emisyonu artar.

Lambda oranı 1,3’ten daha büyük değerlere doğru gittikçe; alev brülörün çok üzerinde oluşur ve alevin kopması ile aniden sönmeye potansiyel riski artar. Soğuk ortam koşullarında ve/veya kalitesiz yakıt kullanımı gibi durumlarda başarılı ateşlemenin sağlanması zorlaşır. Yanma havasının fazla, yakıtın az olması sebebiyle; karbonmonoksit (CO) emisyonu artar ve yanma verimi düşer.



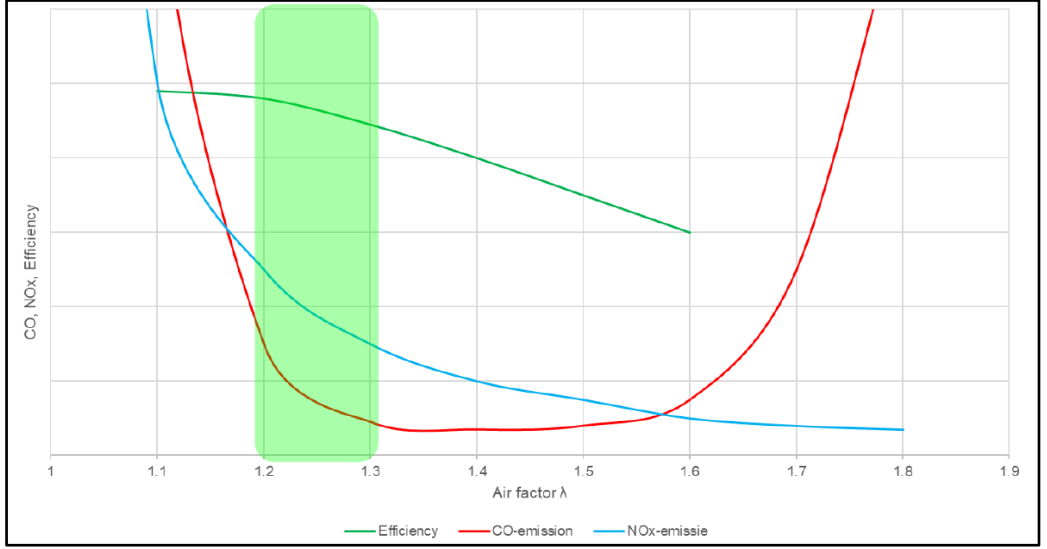
Şekil 9: Doğalgaz ile İdeal Yanma için Optimum Lambda Oranı

Yanma Sonucu Ortaya Çıkan Emisyonlar

Yanma reaksiyonu sırasında açığa çıkan atık gazlara baca gazı emisyonu denir. Doğalgazın yanma tepkimesi ile; karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO₂) NO_x gibi insana ve çevreye zararlı emisyonlar ortaya çıkabilir (Şekil 10).

Yakıcı cihaz üreten firmalar, Avrupa normları (EN standartları) gereğince; bu zararlı emisyonları belirli bir limitin altında tutmaya mecburdur ve cihaz tasarımını yaparken insan sağlığını ve çevreye duyarlılığı göz önünde bulundurmalıdır. Bununla birlikte; cihazın yanma veriminin de düşmesine müsaade etmemelidir.

Düşük miktarda zararlı emisyon ve yüksek oranda yanma veriminin elde edilebilmesi için yakıcı cihaz içerisinde kullanılacak komponentlerin doğru seçilmesi ve tasarlanması gerekmektedir. Bu komponentlerin en önemlilerinden biri brülördür.

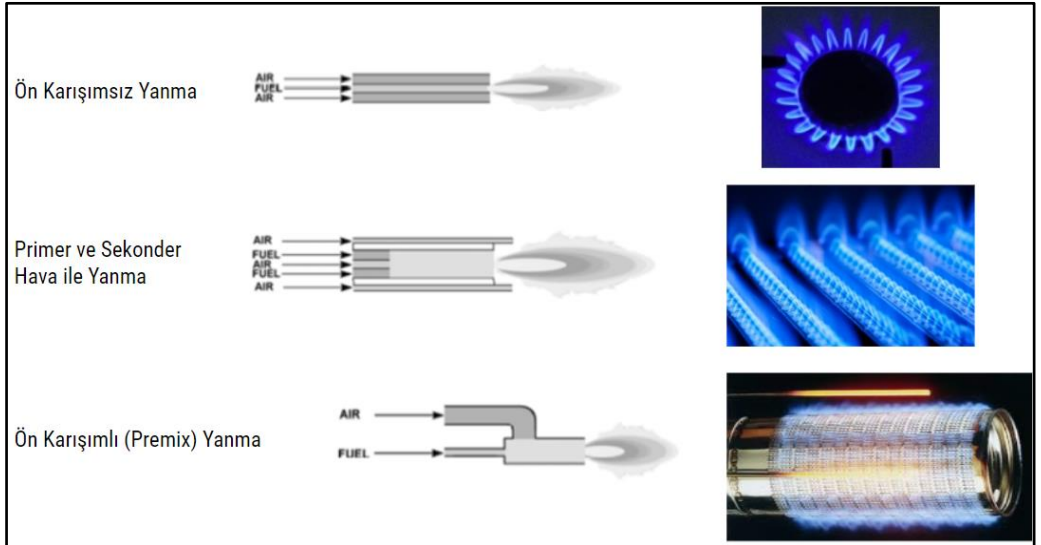


Şekil 10: Yanma Sonucu Ortaya Çıkan Emisyonlar

Brülör ve Çeşitleri

Brülör, ateşleme için gerekli olan hava- gaz karışımını ideal lambda oranında yanma odası (eşanjör) içerisine aktaran ve laminer yanma hızını belirleyen silindirik veya düzlemsel forma sahip bir yapıdır. Brülör tasarımı yapılırken ideal lambda oranı ve laminer yanma hızı göz önünde bulundurulur.

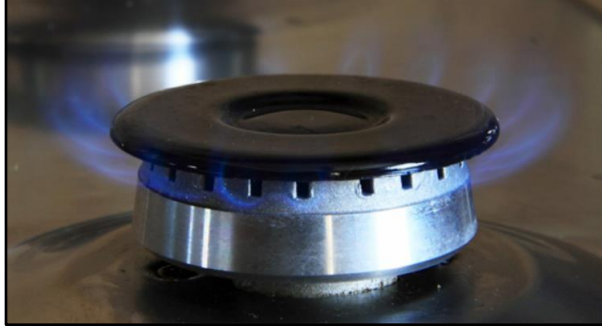
Brülörler, hava ile gazın karışım zamanına göre üçe ayrılır: (Şekil 11)



Şekil 11: Brülör Çeşitleri

Ön Karışimsız Yanma

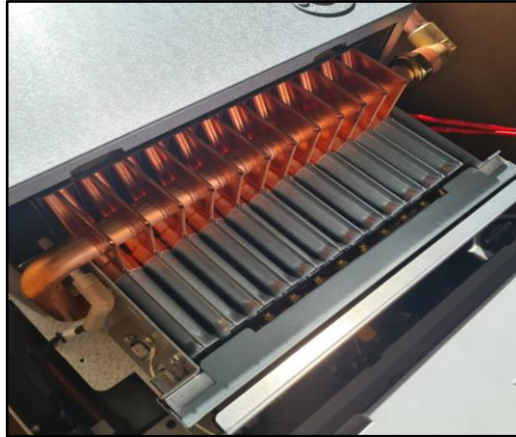
Hava ile gaz, brülörün (nozulun) uç kısmında ateşlemeden hemen önce bir araya geliyorsa; bu tür yanmaya ön karışimsız yanma denir ve ev tipi ocak gibi cihazlarda kullanılır. Sadece nozullardan oluşmaktadır. (Şekil 12)



Şekil 12: Ön Karışimsız Yanma

Primer ve Sekonder Hava ile Yanma

Hava ile gaz, iki farklı noktada belirsiz oranda karışiyorsa; bu tür yanmaya primer ve sekonder hava ile yanma denir ve konvansiyonel kombilerde kullanılır. Konvansiyonel kombilerdeki brülör; manifold, mızıkca, nozul gibi parçalardan oluşur. (Şekil 13)



Şekil 13: Yoğuşmalı Kombi Silindirik Brülörü

Ön Karışimli (Premix) Yanma

Hava ile gaz, brülörden önce venturi adı verilen parça içerisinde belirli oranlarda karışiyorsa; bu tür yanmaya ön karışimli (premix) yanma denir ve yoğuşmalı kombilerde kullanılır.

Yoğuşmalı kombi brülör tipleri; silindirik veya düzlemsel (fiber örgü) formda olabilir. (Şekil 14)



Şekil 14: Yoğuşmalı Kombi Silindirik Brülörü

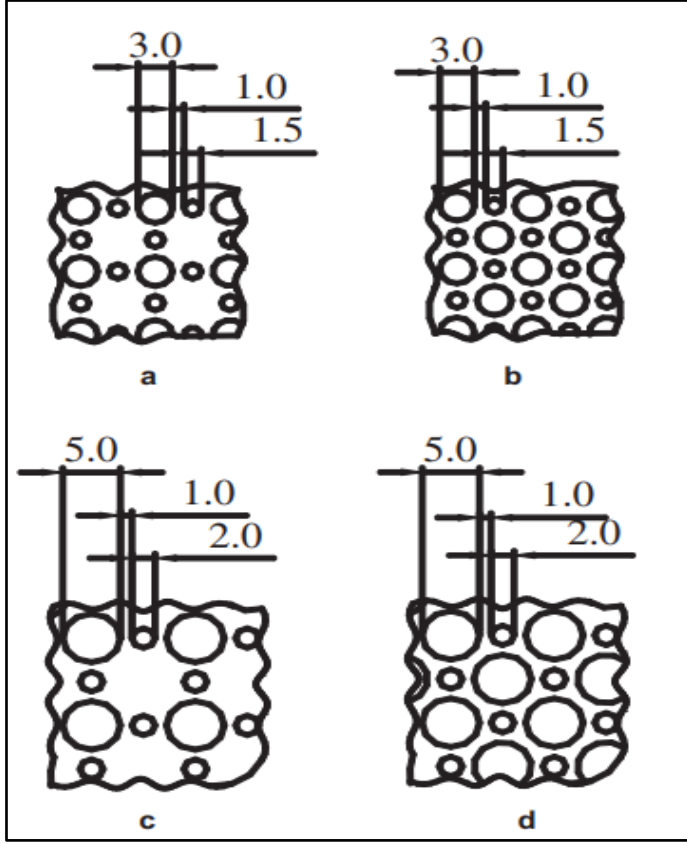
Brülörün Yapısı

Brülörler kullandıkları yere göre; farklı yapılarda, farklı malzemelerde ve farklı şekillerde olabilir. Yoğuşmalı kombi brülörü genellikle; silindirik formda, AISI 316L malzemenin yapılmış, üzerinde yüzey desenleri bulunan bir brülördür. Hava - gaz karışımı, brülörün içerisinden yanma odası (eşanjör) içerisine bu yüzey desenlerinden püskürtülür.

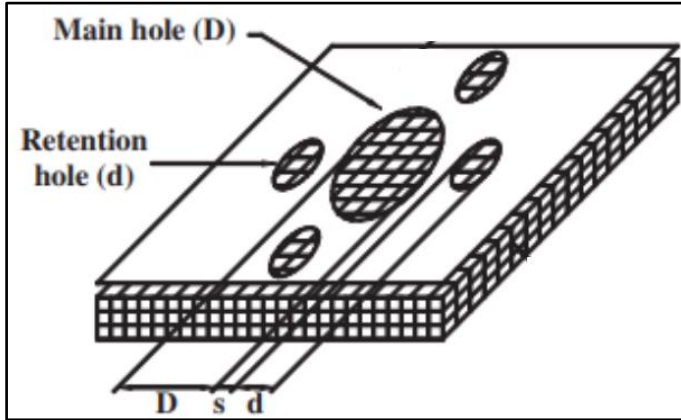
Brülör yüzey desenleri arasında yaygın olarak noktasal ve çizgisel forma sahip desenler kullanılır. Brülör tasarımı yapılırken; hangi forma sahip desenin kullanılacağı ihtiyaç ve şartlar gözlemlenerek belirlenir. İdeal lambda oranı, doğru orandaki hava - gaz karışımı, laminer alev hızı, cihaz ortam koşulları, yakıtın kalitesi, atık gaz emisyonu gibi etkenler ve sapmalar cihaz brülörünün tasarımında önemli bir rol oynamaktadır. Aksi bir durum; hava - gaz karışımının istenilen oranda olmamasına, alev kopması veya alev geri tepmesi gibi sonuçlarla yanma kararlılığının etkilenmesine, zararlı atık gaz emisyonlarının standartta belirtilen limiti aşmasına, yanma verimliliğinin düşmesine ve soğuk ortam koşullarında cihazın ateşlememesine veya termoakustik gibi rahatsız edici seslerin duyulmasına sebep olabilir.

Bulgular ve Tartışma

Öncelikle noktasal forma sahip brülörlerde; delik çapının ve delik adedinin alev kararlılığına etkilerinin gözlemlenmesi amacıyla 4 farklı brülör yüzey deseni incelenmiştir. İncelenen brülör yüzeylerine ait kesit resimleri aşağıdaki gibidir: (Şekil 15)



Şekil 15: Farklı Çap ve Adette Yüze Delik Deseni Bulunan 4 Farklı Brülör



Şekil 16: Yüze Delik Deseni Detay

Birinci (a) ve üçüncü (c) brülörde; büyük ana deliklerin (main holes) ve küçük destekleyici deliklerin (retention holes) boyutunun değiştirilmesinin; alev kararlılığına etkisi incelenmiştir. (Şekil 16)

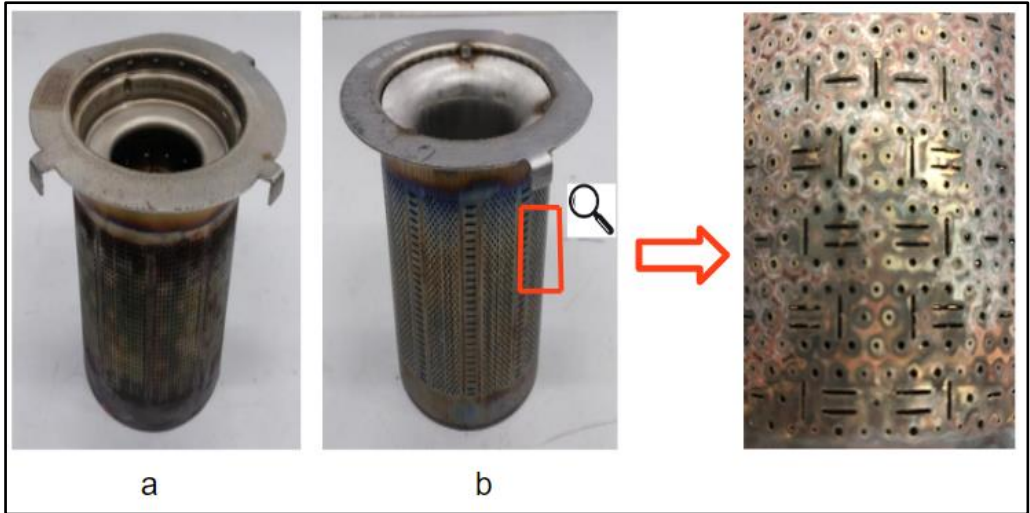
İkinci (b) ve dördüncü (d) brülörlerde ise; birinci (a) ve üçüncü (c) brülörlerde kullanılan büyük ana deliklerin (main holes) ve küçük destekleyici deliklerin (retention holes) birim alandaki adedi artırılmıştır.

Buna göre; delik çapı arttırıldıkça, hava- gaz karışımı hızının (u) azaldığı ve laminar yanma hızının (sL) artarak alev geri tepmesi, patlamalı yanma, termoakustik gibi sorunlara yol açabileceği gözlemlenmiştir.

Küçük destekleyici deliklerin (retention holes) sayısının arttırılması ile daha sağlıklı ve istikrarlı yanmanın gerçekleştiği ve alev kopması gibi istenmeyen durumların önüne geçildiği görülmüştür.

Deneysel Çalışma

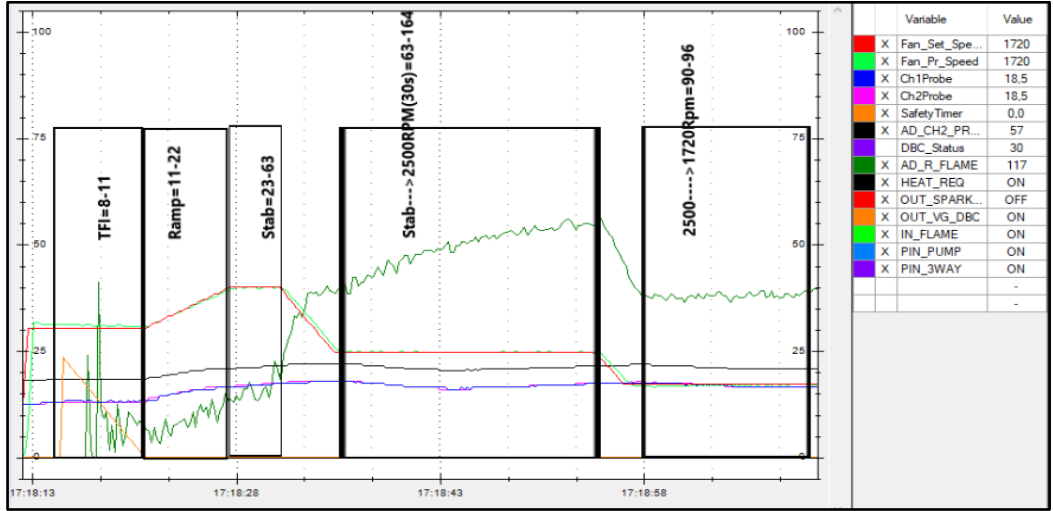
Literatür araştırması ile elde edilen gözlemler neticesinde; sadece noktasal forma sahip brülör (a) ile çizgisel forma sahip brülör (b) alev kararlılığı açısından karşılaştırılmak üzere akredite ısı laboratuvarı ortamında test edilmiştir. Birinci brülörün (a) üzerinde sadece noktasal delik formu bulunurken, ikinci brülörde (b) noktalı forma ek olarak yatay ve dikey çizgisel form da bulunmaktadır. (Şekil 17)



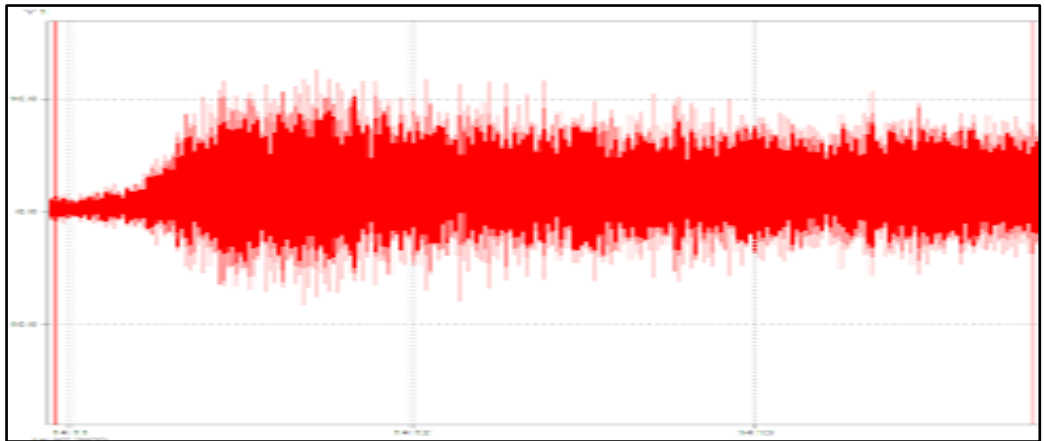
Şekil 17: Noktasal Form (a) ve Çizgisel Form (b) Sahip 2 Farklı Brülör

Deney sonucu olarak; ikinci brülörde (b) oluşan alev boylarının, birinci brülörde (a) oluşan alev boylarına göre daha kısa olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi ise; çizgi şeklinde bulunan deliklerden hava - gaz karışımının daha yoğun ve daha yavaş geçmesidir.

Yoğun hava - gaz karışımının geçmesi alev boyunun kısa; ancak birim yüzeyde daha yoğun alevin oluşması ile sonuçlanmaktadır. Bu durum, alevin iyonizasyon elektrodu tarafından daha kolay algılanmasını sağlar. (Şekil 18) Böylece cihazın, soğuk ortam koşullarında herhangi bir termoakustik sese maruz kalmadan başarılı bir şekilde ateşlemesi sağlanır. (Şekil 19)



Şekil 18: Brülörde Oluşan Alevin İyonizasyon Sinyali



Şekil 19: Yanma Odasında Oluşan Basınç Sinyali - Termoakustik Ölçümü

Sonuç

Bu çalışma ile brülör üzerindeki desenlerin; alev kararlılığına, yanma verimliliğine ve zararlı emisyonlara olan etkileri araştırılmış ve test edilmiştir.

Sonuç olarak brülör tasarımı yapılırken; cihazın çalıştırılacağı ortam koşulları, yanma için kullanılan yakıtın kalitesi, cihaz komponentlerinin birbiriyle olan uyumu göz önünde bulundurulmalıdır.

Kaynakça

Higgins B. On the sound produced by a current of hydrogen gas passing through a tube, by Mr. Nicholson (Ed.) with a letter by Higgins regarding the time of its discovery. J Nat Phil Chem Arts 1802; 1: 129.

Rayleigh, J.L. (1878) The Explanation of Certain Acoustical Phenomena. Nature, 18, 319-321. <http://dx.doi.org/10.1038/018319a0>

Fritsche D. (2005) Origin and control of thermoacoustic instabilities in lean premixed gas turbine combustion. PhD Thesis. Swiss Federal Institute of Technology Zurich: Switzerland

Lee S, Kum, S.M., Lee, C.E. (2011). An experimental study of a cylindrical multi-hole premixed burner for the development of a condensing gas boiler. Energy, 36, 4150-7

Khanna VK. A Study of the Dynamics of Laminar and Turbulent Fully and Partially Premixed Flames. Blacksburg, VA: Virginia Polytechnic Institute and State University; 2001.

Yenigun, M.C. (2018). Flame characterization in domestic gas boilers, MSc Thesis, İzmir Katip Çelebi University, 61p

Eckstein J., Freitag E., Hirsch C., Sattelmayer T. (2006). Experimental study on the role of entropy waves in low-frequency oscillations for a diffusion burner. J. Eng. Gas Turbines Power, 128(2): 264-270

Acharya V.S., Dong-Hyuk S., Lieuwen T. (2013). Premixed flames excited by helical disturbances: Flame wrinkling and heat release oscillations. Journal of Propulsion and Power, 29(6)

Ürün Varyant Konfigürasyon Yönetiminin Yapay Zekâ Kontrollü Ürün Ağacı Sistem Tasarımı ve Geliştirilmesi

Mustafa Aşar, Erhan Özkan

Dikkan, Ar-Ge Merkezi, İzmir, Türkiye

mustafa.asar@dikkan.com, erhan.ozkan@dikkan.com

Giriş

Günümüzde küreselleşmenin artması, müşteri taleplerinin standart ürünlerden özel ürünlere doğru değişmesi ve üreticilerin beklentilerinin de bu doğrultuda gelişmesiyle birlikte üretim odaklı itme modelinden müşteri odaklı itme modeline geçiş ihtiyacı ortaya çıkmıştır, model ve çekme modeli. Bu yeni değişim süreci, müşteri odaklı ürün imalatının önem kazanmasıyla ortaya çıkmıştır.

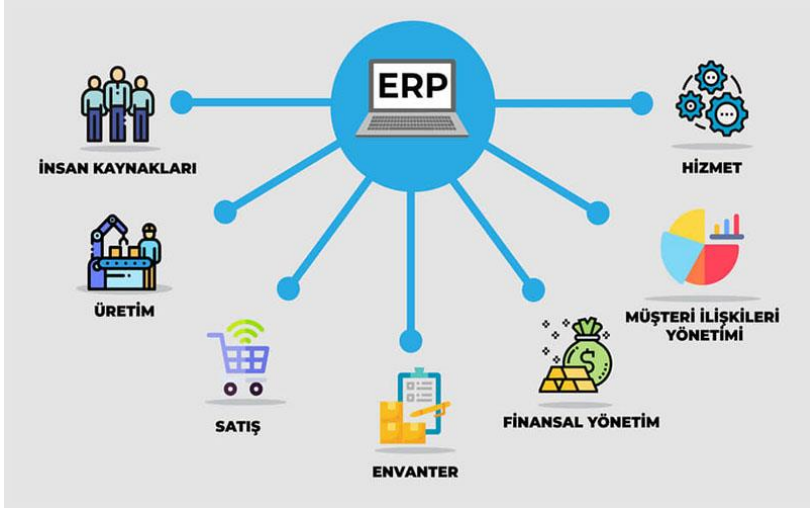
Müşteri gereksinimlerinde uzmanlaşma, üreticileri müşteri odaklı ürün üretimine yöneltmektedir. Bu nedenle son dönemde birebir üretim yaygınlaştı. Müşterilerin ürün özelliklerini ve üretim süreçlerini bilerek gereksinimlerini belirlemek istemeleri üreticiler için önemli bir rekabet unsurudur. Bunun sonucunda müşteri odaklı ürün imalatında ürün çeşitlerinin sayısı seri üretime göre hızla arttı. Üretim ve tasarımda hız ve esneklik şirketlerin başarısı için kritik öneme sahiptir (Aydın, 2003).

Müşteri taleplerine göre özel ürün üreten sektörlerde, müşterinin belirttiği özel tanım ve tercihlere dayalı olarak özel siparişler oluşturulmaktadır. Bu nedenle her yeni ürün için özel bir ürün reçetesi oluşturmak tasarım, konfigürasyon ve tasarım değişim yönetimi süreçlerine karmaşıklık katarak ürün ağacında tekrar eden parçaların tanımlanması, benzerlik gösteren bileşenler arasından yanlış kodlu bileşenin seçilmesi gibi birçok ürün ağacı hatasına yol açar. Bu hatalar, bitmiş ürün ağacında tanımlanan kullanılmamış bir parçayla sonuçlanabilir, bu da siparişin verilmesine ve ardından stok yapılmasına, bu da kullanılmayan stok maliyetlerine, üretim kesintisi nedeniyle eksik parçalar nedeniyle çalışma süresi kaybına vb. neden olabilir sorunlara neden olmak müşteriye özel üretim gerçekleştirmek aynı zamanda fazla karmaşık ve ince detaylı bir ürün ağacı yapısının yönetilmesini de gerektiriyor. Şirketler sektörlerinin en büyüğü olarak kalmak istemiyor ve büyürken müşteri odaklılık ve esneklikten vazgeçmek istemiyorlarsa farklı bir ERP ürün ağacı modellemesine ihtiyaç duyuyorlar. Dengeli ve iyi durumda işleyen bir üretim süreci, tüm sınırları aşan yöntemlerin bulunmasını, geliştirilmesini ve entegre edilmesini gerektirir (Karayazı, 2015).

Ürün konfigürasyon modeli, müşterinin seçimini yapmak için kullanabileceği araçları içeren bir yapıdır. Müşteriye yönelik çalışan firmalarda ürün konfigürasyon yapısının kişisel olmaması ve tanımlanmış sistem sınırlarına sahip olması gerekir. Ayrıca konfigürasyon yapısı, gerekirse ürün tasarımı uzmanlığı dışında ortaya çıkabilecek konfigürasyon sorunlarına da cevap verebilmelidir (Özbayrak, 2003).

Materyal ve Metot

ERP sistemleri, işletmelerin tüm departmanlarını ve süreçlerini entegre hale getirerek, işletmelerin operasyon rotalarına, ürün ağaçlarına ve reçetelerine rahatça ulaşmasını sağlar. Bu sayede işletmeler, zamandan tasarruf ederken **verimliliklerini de arttırabilirler. Bir ürün üretmek için işletme birçok malzemeye ve birden çok iş akış sürecine gereksinim duymaktadır. ERP sistemi, yarı mamul ve hammaddelerin durumlarını izlemek, ürünün farklı iş süreçleri arasındaki süre farklarını gözlemlemek ve makineleri buna göre hazırlayarak hem zamandan hem de enerjiden tasarruf sağlamak için etkili bir araçtır (Şekil 1).**



Şekil 1. ERP etkileşim matrisi.

MRP, "Material Requirements Planning" ifadesinin kısaltmasıdır ve Türkçe'ye "Malzeme İhtiyaç Planlaması" olarak çevrilebilir. Bu sistem, işletmelerin üretim süreçlerinin belli bir periyodunda daha etkili olacak malzemelerin ölçüsü ve tedarik zamanlama gibi kritik verilerin verimli bir şekilde yönetmelerini sağlamak amacıyla kullanılır. (Tekkol, 2020). Şekil 2’de birimler arası etkileşim matrisinde bu durumu daha somut bir şekilde gözlemlemek mümkündür.



Şekil 2. Birimler arası entegrasyon matrisi.

ERP sistemleri, işletmelerin faaliyetlerini ve iş süreçlerini entegre eden bir yazılım sistemidir. Finans, tedarik zinciri yönetimi, muhasebe, insan kaynakları, stok yönetimi, üretim, satış, pazarlama gibi bir dizi işlevi birleştirir. Bu entegrasyon, şirket içindeki tüm birimlerin koordineli, organizasyonların verimli ve etkili bir şekilde çalışmasına olanak sağlar. ERP sistemleri, işletmelerin veri paylaşımını kolaylaştırarak, karar alma süreçlerini hızlandırma ve genel işletme performansını artırma konusunda etkili bir rol oynar. Bu sistemler, iş süreçlerini optimize etmek ve yönetimde bir bütünlük sağlamak için kullanılmaktadır.

MRP (Malzeme İhtiyaç Planlaması) ise, üretim süreçlerini iyileştirirken tedarik sürelerini en aza indirir, envanter seviyelerini optimize eder ve hizmet seviyelerini yüksek tutar. MRP uygulaması, ana üretim programını alır ve kullanıcıların ihtiyaç duydukları malzemeleri ve hammaddeleri satın almalarına yardımcı olan ayrıntılı bir çizelge haline getirir.

Bulgular ve Tartışma

MRP, üretim süreçlerini optimize ederken tedarik sürelerini minimuma indirir, envanter seviyelerini optimal seviyede tutar ve hizmet seviyelerini yüksek tutar. MRP uygulaması, temel üretim programını alır ve kullanıcılara gereksinim duydukları malzemeleri ve hammaddeyi satın almalarına yardımcı olan detaylı bir planlamayı oluşturur.

ERP sistemleri ise, işletmelerin iş süreçlerini entegre eden bir yazılım sistemidir. Bu sistem, finans, muhasebe, tedarik zinciri yönetimi, insan kaynakları, üretim, stok yönetimi, satış, pazarlama gibi birçok işlevi bir araya getirir. Bu sayede de şirketlerdeki tüm organizasyonların verimli ve etkili bir şekilde çalışmasını sağlar. ERP sistemleri, işletmelerin veri paylaşımını kolaylaştırma, karar alma süreçlerini hızlandırma ve işletmenin genel performansını artırma konusunda oldukça etkilidir.

MRP, ERP yazılımlarının bir alt modülü olarak kullanılabilir. Ürün ağaçları ve rotalar yönetimi sürecinde, ürün ağaçları önemli bir yapı taşıdır. Ürün ağaçları, nihai ürüne ulaşmak için gereken yarı mamul ve hammaddeleri gösteren, ağaç yapısını anımsatan bir şemadır. Bu şema, işletmeler için bir rehber niteliğindedir. Ürün şeması içerisindeki ürün, tüketicilere sunulmadan önce, üretim aşamalarına bağlı olarak işletme tarafından ne kadar hammadde ve yarı mamul gerektiğini gösterir. Ürün ağaçlarını oluşturmak için ilk olarak stok kartları hazırlanmalıdır, bu durum Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1. Stok kodu, stok tipi ve takibi.

Stok Kodu	Stok Tipi	Stok Adı	Sayısı	Sayı Tipi
MM-Nihai Ürün	Mamul	Nihai Ürün	1	Adet
YM-Yarı Mamul 1	Yarı Mamul	Yarı Mamul 1	1	Adet
YM-Yarı Mamul 2	Yarı Mamul	Yarı Mamul 2	1	Adet
YM-Yarı Mamul 3	Yarı Mamul	Yarı Mamul 3	1	Adet
HM-Hammadde 1	Hammadde	Yarı Mamul 1	1	Adet

ERP sistemleri aracılığıyla yönetilen bu süreçler, işletmelere zaman tasarrufu sağlamanın yanı sıra işletme verimliliğini de artırmaktadır.

Örneğin, bir işletme bir ürün üretmek için çeşitli malzemelere ve bir dizi operasyon sürecine ihtiyaç duyabilir. ERP sistemi, işletmenin tüm birimlerini ve süreçlerini entegre hale getirerek işletmenin operasyon rotalarına, ürün ağaçlarına ve reçetelere kolayca erişmesini sağlar. Bu sayede, işletme yarı mamul ve hammaddelerin durumunu gözlemleyebilir, üretim süreçleri arasındaki süre farklarını anlayabilir ve makinelerini bu bilgilere göre ayarlayarak zaman ve enerji tasarrufu yapabilir.

Ürün ağacı ve rota yönetimi ihmal edildiğinde veya etkili bir şekilde yönetilmediğinde, aşağıdaki görselde görüldüğü gibi kaçınılmaz sorunlar ortaya çıkabilir.

Sonuçlar

Ürün versiyonlarının bileşimi sayesinde her biri sistemde farklı işlemlere sahip müşteri ürünleri için yeni olan ürün ve yarı mamul tanımı farklı bir biçimde ele alınmadan süreçler yürütülmüştür. Yeni bir malzeme listesi ve prosesin yanı sıra aynı zamanda varyant ihtiyacını da ortadan kaldırır. Bunun yerine yapılandırılacak esnek kodlar oluşturma işlemi müşterinin özelliklerine göre tasarlandı ve bu şekilde ihtiyaçlar karşılanmış oldu. Şirketlerin üretim sürecini tanımlayan ana ürün grupları oldukça fazla sayıda ürün kodları ve süreç türlerinin sayısı, yarı ürün kodu oluşturulur. Bu şekilde minimum sayıda kod tutularak kodların karıştırılmasına izin verilmez ve bu durum stok yönetimini de etkiler. Tüm bu taleplerin tanımlanması neticesinde sipariş alınmaktadır. Bu aşamada yeni malzeme kodu, ürün ağacı ve tasarım talimatı hazırlarken boşa harcanan zaman tamamen kaldırılır ve belirli özellikleri değerlendirmek için oluşturulmuş kodlar ele alınır. Başka bir deyişle, müşteriler hizmeti doğru zamanda ve istenilen şekilde sunabilmektedir. Varyant uygulaması özellikle müşterinin tercih ettiği karmaşık ürünlerin basit ve hızlı bir şekilde üretim şirketlerinde optimum ürün yönetimi yapılarından birisidir. Hızlı sipariş ortamında üretim yapısının doğasında olan ve değişim gerektiren karmaşıklık büyümekte ve pratikte görüldüğü gibi her kullanıcının sayısız talebini benzersiz bileşenden oluşturarak çözüm üretir. Dolayısıyla çok sayıda ürün ve üretim verilerini yönetme ve bu miktarlar ürün yelpazesine göre değişmektedir. Bu kadar kapsamlı ürün ve model yelpazesi ürün geliştirme süreçlerine ilişkin bilgi düzeyleri içerisinde çok fazla karmaşıklık yaratır.

Doğru bir ürün ağacı oluşturmak ve sürdürmek, şirketlerin rekabet avantajını artırabilir. Doğru yapılandırılmış bir ürün ağacı, tedarik zinciri yönetiminden üretim süreçlerine kadar pek çok alanda etkinlik sağlar. Bununla birlikte, bu ağaçların oluşturulması ve güncellenmesi, titizlik ve kaynak gerektiren karmaşık bir süreçtir.

Teknolojik ilerlemeler, bu süreci daha otomatik hale getirebilir ve şirketlerin bu ağaçları daha verimli bir şekilde kullanmasını sağlayabilir. Örneğin yapay zekâ ve otomasyon, ürün ağacı oluşturma ve yönetme süreçlerinde insan hatalarını azaltabilir ve daha hızlı güncellemeler yapılmasını sağlayabilir.

Gelecekte dinamik pazar koşulları ve müşteri beklentilerinin değişkenliği göz önüne alındığında doğru şekilde yapılandırılmış ve yönetilen ürün ağaçları şirketlerin hızlı adaptasyonunu ve rekabet gücünü sürdürmesine yardımcı olabilir. Bu ağaçlar tedarik zinciri planlamasından üretim optimizasyonuna kadar şirketlerin genel etkinliğini artırarak müşteri memnuniyetini ve karlılığı destekleyebilir. Bu bağlamda gelecekte ürün ağacı yönetimi şirketlerin başarısında kritik bir rol oynamaya devam edecektir.

Sonuç olarak ürün ağaçlarındaki doğru yapılandırma ve yönetim ile şirketlerin verimliliğini artırabilir ve müşteri taleplerine daha hızlı yanıt vermelerini sağlayabilir. Bununla birlikte bu ağaçların oluşturulması ve güncellenmesi süreci karmaşık olabilir ve doğru kaynakları gerektirebilir.

Kaynakça

Aydın, A. O., Güngör, A. (2003). Kitlesele kişiselleştirme sistemlerinde ürün ağaçlarının ilişkisel veri tabanı kullanımıyla gösterimi. Endüstri Mühendisliği.

Karayazi, F., & Cedimoğlu, İ. (2015). Ürün varyant konfigürasyon yönetiminin ürün ağacı ve hataları üzerindeki etkilerinin incelenmesi. Sakarya University Journal of Science, 19(2), 187-196.

Özbyrak, M. (2003). Bilgisayar destekli üretim planlaması ve ürün ağacı oluşturma uygulaması (Doctoral dissertation, Anadolu University (Turkey)).

Tekkol, N. (2020). Ürün ağacı ve konfigürasyon yönetimi (Master's thesis, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Yükçü, S., Atağan, G. (2010). Muhasebenin Mühendislik Boyutu: Ürün Ağacı ve Rota Uygulaması. Mali Cozum Dergisi/Financial Analysis, (102).

Kaynak Makinaları İçin Ayarlanabilir DC Elektronik Yük Tasarımı

M. Ramiz Sidal, A. Eren Kocamış

Magma Mekatronik AR-GE Merkezi, Manisa, Türkiye

mustafa.sidal@magmaweld.com

Giriş

Günümüzde bütün endüstriyel ürünler belirli standartlara uygun olarak üretilmektedir. Kaynak makinalarının üretiminde bu standartlardan uluslararası “IEC 60974” standardına uygun olması baz alınmaktadır. Bu standart pazarın bir parçası olarak kaynak makinasına da belirli yükümlülükler getirmektedir (Webstore IEC, 2021). Standartın getirdiği bu yükümlülüklerin testleri genellikle geleneksel yükler (kademeli direnç yükleri) ile gerçekleştirilmektedir. Bununla beraber geleneksel yüklerin yüksek sıcaklıklara çıkması, yüksek hassasiyet ile istenen güç değerlerinin ayarlanamaması ve taşınabilirliğinin az olması gibi çeşitli zorlukları beraberinde getirmektedir (Corrêa ve ark., 2013).

Ayarlanabilir Doğru Akım (DC) Elektronik Yük tasarımının güç kısmında MOSFET (Metal Oksit Yarı İletken Etkili Transistör) kullanılmaktadır. MOSFET kullanımının temelinde, omik bölge de sürülmesiyle ayarlanabilir bir direnç gibi davranmasından yararlanılması mantığına dayanmaktadır (Infineon, 2020). Elektronik Yük tasarımında, sabit akım ve sabit gerilim modu ile farklı test koşulları için imkân sunabilmektedir (Keysight, 2019). MOSFET sürülürken kontrol ve hassasiyet amacıyla mikrodenetleyici kullanımı tercih edilebilmektedir. Ayrıca, mikrodenetleyici insan- makine arayüzü sağlamak ve anlık verileri kullanıcıya aktarmak içinde kullanılabilir (Chen ve ark., 2016).

Kaynak makinelerinin uluslararası standartlara uygunluğunun gereği olan performans testleri için farklı yük tipleri kullanılabilir. Bu ürünlerin başında geleneksel yükler gelmektedir. Bu çalışma kapsamında kaynak makinalarının performans testlerinde kullanılan geleneksel yüklerin getirdiği problemler göz önünde bulundurularak ayarlanabilir DC Elektronik Yük tasarlanması ve testlerde uygulanması ele alınmaktadır.

Materyal ve Metot

MOSFET Omik Bölgesi

DC Elektronik yük, akımı veya gerilimi ayarlamak ve bir güç kaynağındaki gücü absorbe etmek için tasarlanmış bir test cihazıdır (Keysight, 2019). MOSFET, DC Elektronik Yük’te kaynak makinasının çıkış gücünün ısı yoluyla dağıtım rolünü üstlenmesi sebebiyle en önemli komponenttir. MOSFET genellikle anahtarlamalı uygulamalarda kullanılmaktadır fakat DC Elektronik Yük tasarımında omik bölgedeki (ohmic region) karakteristiğinden yararlanılmaktadır (Littelfuse, 2021). MOSFET, omik bölge de sabit geçit (gate) - kaynak (source) gerilimi (Vgs) ile sürülmesi ile ayarlanabilir direnç gibi davranmaktadır ve böylece

gücü üzerinde absorbe edebilmektedir (Infineon, 2017). Omik bölge, eşik geriliminden (V_{th}) yüksek, Mosfet’in saturasyon bölgesine (saturation region) geçtiği geçit geriliminden düşük seviyede olan gerilim aralığıdır (Infineon, 2017). Omik bölgede MOSFET’in geçit gerilimi değiştirilerek potansiyometre gibi davranması ve üzerinden geçen akım miktarı istenen seviyede ayarlanabilmektedir (Infineon, 2017)

MOSFET Doğru Akım Güvenli Çalışma Bölgesi (SOA)

Standart Mosfet’ler omik bölgede çalıştırıldıklarında sıcaklık dayanım noktaları ve akım dayanım sınırlarının kısıtlı olması nedeniyle arızalanabilmektedir (Infineon, 2017). Güç MOSFET’leri doğru akım güvenli çalışma bölgesindeki karakterleri küçük alanda büyük miktarda güç dağıtılabilir özellikte olması ve termal açıdan standart MOSFET’lere göre daha yüksek dayanıma sahip olması omik bölgede çalışmaya uygunluk kazandırmaktadır (Kerrywong, 2016). Figür 2’de görüleceği gibi IPW60R041C6 Güç MOSFET’inin DC güvenli çalışma bölgesinde belirtilen gerilim dayanım sınırı bu makale kapsamında tasarlanan Elektronik Yük’ün de çalışma sınırlarını belirlemektedir. Diğer yandan, akım sınırları ise sistemde paralel olarak birden çok MOSFET kullanımına bağlı olarak akım limiti yükseltilebilmektedir. Ayrıca MOSFET akım dayanımı kılıf sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Kılıf sıcaklığı yükseldikçe akım taşıma kapasitesi düşmektedir. Elektronik yük, uygulamasında MOSFET omik bölgede direnç gibi davranmasından dolayı kılıf sıcaklığı yüksek sıcaklıklara gelebilmektedir.

Ayrıca MOSFET’lerin güç dağıtımı (power dissipation, P_{tot}) genellikle kılıf sıcaklığı (T_c) 25 °C olduğu koşula göre verilmektedir. Jonksiyon – kılıf (junction - case) termal direnci (R_{thjc}) her MOSFET için farklı bir değer olarak karşımıza çıkmaktadır. Kılıf sıcaklığı 25 °C üzerinde yükseldikçe jonksiyon – kılıf termal direncine orantılı şekilde toplam güç dağıtımı düşmektedir. MOSFET’in kılıf sıcaklığına bağlı güç dağıtımı (P_d) Denklem (1) kullanılarak hesaplanabilmektedir.

$$P_d = P_{tot} - (T_c - 25 \text{ °C}) \times R_{thjc} \quad (1)$$

DC Elektronik Yük Çalışma Modları

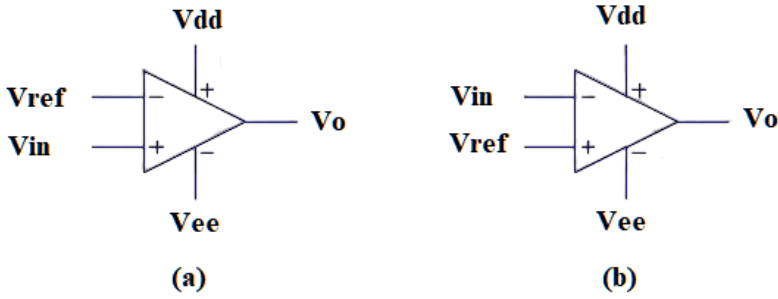
DC Elektronik Yük, sabit akım (constant current) modu ve sabit gerilim (constant voltage) modu, sabit direnç (constant resistance) modu ve sabit güç (constant power) modu gibi farklı çalışma fonksiyonları sunabilen ayarlanabilir bir cihazdır (Keysight, 2019). Makale kapsamında tasarlanan DC Elektronik Yük’te sabit akım modu ve sabit gerilim modu bulunmaktadır. Bu modların temelinde farklı geri besleme (feedback) yapılarıyla MOSFET’in omik bölgede sürülmesi mantığına dayanmaktadır. Bu makale de tasarlanan DC Elektronik Yük de kullanılan MOSFET’lerin sürülmesinde işlevsel yükselteç (operational amplifier) kullanılmaktadır. İşlevsel yükselteç olarak Texas Instruments firmasının TL084 kodlu ürünü kullanılmaktadır. Ürünün tercih sebebi yükselme eğimi (slew rate) değerinin 20 V/ μ s gibi yüksek bir değer olmasıdır (Tİ, 2021). Yükselme eğiminin fazla olması sayesinde işlevsel yükselticinin geri beslemelere olan tepkisini daha hızlı kılmaktadır. Ayrıca burada kullanılan işlevsel yükselteç gerilim karşılaştırıcı (voltage comparator) şeklinde çalıştırılarak gerekli geçit geriliminin elde edilmesi sağlanmaktadır. Gerilim karşılaştırıcı işlevsel yükselticinin evirmeyen (non-inverting) ucundan gelen gerilim eviren (inverting) ucuna gelen gerilimden büyükse çıkışında pozitif beslemesinden (V_{dd}) gelen gerilimi, küçük ise negatif beslemesinden (V_{ee}) gelen gerilimi çıkış olarak vermektedir (OCW MIT, 2023).

İşlevsel yükselticinin çıkışı bu haliyle kare dalga formunda çıkış vermektedir. Çıkışına alçak geçiren (RC) filtre eklenerek DC forma yaklaştırılabilmektedir. Filtrede kullanılacak direnç (R)

ve kondansatör (C) değeri işlevsel yükselticinin çıkış frekansına (f) göre Denklem (2) ile hesaplanabilmektedir (EMO, 2015).

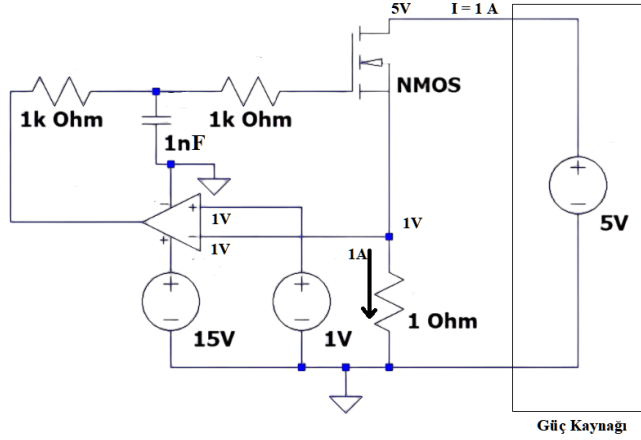
$$f = \frac{1}{2\pi RC} \quad (2)$$

Tasarımda pozitif beslemesinde (Vdd) 15V, negatif beslemesinde (Vee) ise toprak (0V) bağlanmıştır. Şekil 3’te eviren karşılaştırıcı ve evirmeyen karşılaştırıcı devrelerinin basit yapıları görülmektedir (OCW MIT, 2023).



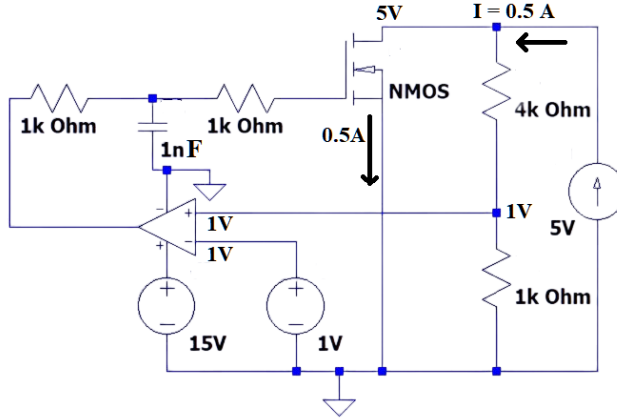
Şekil 1. (a) Evirmeyen Karşılaştırıcı, (b) Eviren Karşılaştırıcı

Sabit akım modu, yükün tipik olarak kendisine bağlı gerilim kaynağı tarafından zorlanan çıkış geriliminden bağımsız olarak programlanan akımı çekmektedir (Keysight, 2019). Sabit akım modunda MOSFET’in sürülmesinde eviren karşılaştırıcı yapısı kullanılmaktadır. Yani referans gerilimi işlevsel yükselticinin evirmeyen ucundan uygulanırken, geri besleme gerilimi işlevsel yükselticinin eviren ucundan uygulanmaktadır. Burada geri besleme gerilimi, MOSFET’in kaynak bacağıyla toprak arasına bağlanan düşük dirence sahip şönt (shunt) direnci üzerinden geçen savak akımı sayesinde oluşmaktadır. Referans voltajı ise mikrodenetleyici ile üretilmektedir. Mikrodenetleyicinin kontrol yapısı ile istenen akım değerine karşılık gelen referans gerilimini üreterek MOSFET üzerinden geçen savak akımını ayarlamaktadır. Figür 4 de bir DC elektronik Yük’ün bir voltaj kaynağına bağlandığında ayarlanan akımı elde etmek için direncini nasıl düzenlediğini göstermektedir (Keysight, 2019).



Şekil 2. Sabit Akım Modunda Çalışan Elektronik Yük Devresi Yapısı

Sabit gerilim modu, yükün giriş akımından bağımsız olarak terminaleri boyunca sabit olarak programlanan gerilimi ayarlamaktadır. Sabit gerilim modunda akım, kendisine bağlı akım kaynağı tarafından ayarlanmaktadır. Yük, test edilen akım kaynağı tarafından belirlenen herhangi bir akımda programlanan gerilime ulaşmak için direncini dinamik olarak ayarlar (Keysight, 2019). Bu çalışma modu için referans gerilimi ile geri besleme geriliminin işlevsel yükselteci bağlantıları sabit akım moduna göre zıt bağlanmaktadır. Yani referans gerilimi işlevsel yükseltecin eviren ucuna, geri besleme gerilimi işlevsel yükseltecin evirmeyen ucuna uygulanmaktadır. Geri besleme gerilimi, MOSFET üzerine düşen gerilimin belirli oran ile düşürülmesiyle yani gerilim bölücüyle elde edilmektedir. Referans gerilimi, sabit akım modunda olduğu gibi mikrodenetleyici tarafından üretilmektedir. Burada geri besleme gerilimine göre kontrol tarafından ayarlanan referans gerilimi MOSFET üzerindeki savak-kaynak gerilimini belirlemektedir. Figür 5 de bir DC elektronik yükün bir voltaj kaynağına bağlandığında ayarlanan akımı elde etmek için direncini nasıl düzenlediğini göstermektedir (Keysight, 2019).

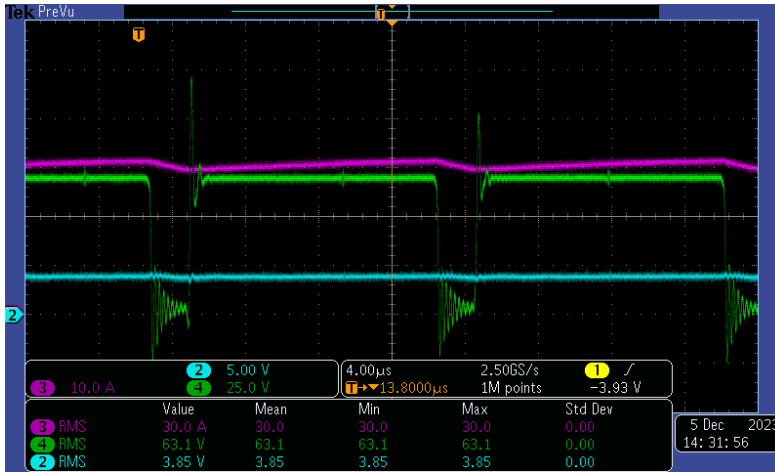


Şekil 3. Sabit Gerilim Modunda Çalışan Elektronik Yük Devresi Yapısı

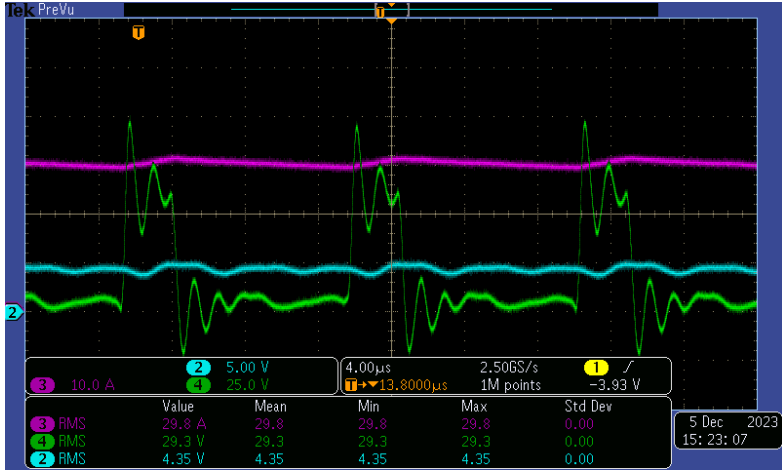
Mikrodenetleyici

Mikrodenetleyici, bu makale kapsamında modlar arasında geçiş (sabit akım ve sabit gerilim), MOSFET’in geçit geriliminin kontrolü ve akım – gerilim geri beslemelerinin işlenerek kullanıcıya gösterilmesinde kullanılmaktadır. Mikrodenetleyici olarak STM32F334 modeli kullanılmaktadır. Bu mikrodenetleyicinin tercih edilmesinde yüksek çözünürlüklü zamanlayıcılar, çok hızlı karşılaştırıcılar ve çok hızlı analog dijital dönüştürücüler etken olmuştur (ST, 2018). Yüksek hızdaki analog dijital dönüştürücüler sayesinde yüksek hassasiyet ile kontrolü sağlamaktadır ve anlık olarak geri besleme değerlerini izlenebilmektedir. Burada geri besleme değerlerinin kullanıcıya aktarımını yine STM32F334 ile sürülen 7 segment display tarafından sağlanmaktadır.

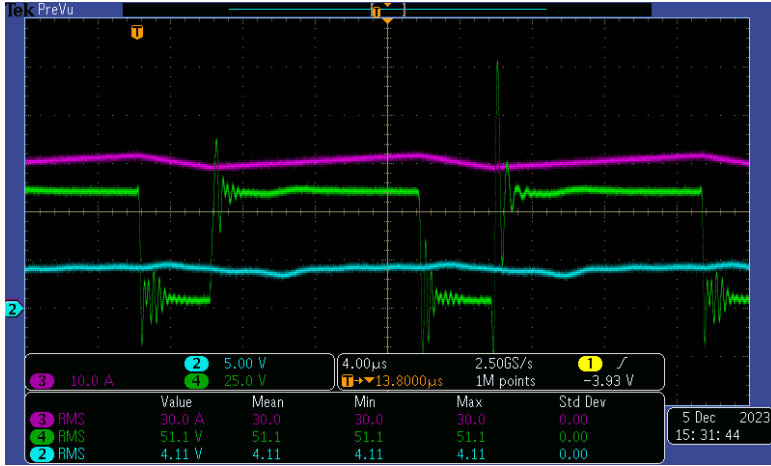
Bulgular ve Tartışma



Şekil 4. MMA Kaynak Makinası 30A DC Elektronik Yük Testi



Şekil 5. MIG Kaynak Makinası 30A DC Elektronik Yük Testi



Şekil 6. TIG Kaynak Makinası 30A DC Elektronik Yük Testi

Bu çalışmadaki bulgular, kaynak makinaları için tasarlanan ayarlanabilir DC Elektronik Yük’ün test sonuçlarını sunmaktadır. Burada MMA (Manuel Metal Ark), MIG (Metal Asal Gaz) ve TIG (Tungsten Asal Gaz) kaynak makinalarının sonuçları ayrı ayrı gösterilmektedir. Tasarım kaynak makinası performans testlerinde uygulanması, akımın yüksek doğrulukla kontrol edilmesi sağlanmıştır. Yapılan testlerde MMA ve TIG kaynak makinalarının %100 doğrulukla, MIG kaynak makinasının %99,33 doğrulukla akımının kontrolünün sağladığı gözlemlenebilmektedir.

Ayarlanabilir DC Elektronik Yük tasarımının, geleneksel yüklerle kıyasla sunduğu avantajlar arasında yüksek doğruluk ve hassasiyet, kolay ayarlanabilirlik ve taşınabilirlik bulunmaktadır. Bu özellikler, tasarımın ön plana çıkmasını sağlamaktadır. Bu tasarım, geleneksel yüklerin getirdiği eksik yönlerine çözüm olması nedeniyle büyük bir önem arz etmektedir.

Bu makale kapsamında sunulan sonuçlar elektronik yük tasarımı yapmak ve farklı alanlarda uygulamasını gerçekleştirmeyi planlayan kişilere yol haritası niteliğindedir. Bu çalışmanın devamı olarak gelecekteki çalışmalara yönelik beklentiler düşünüldüğünde sabit direnç modu ve sabit güç modu tasarıma eklenerek daha geniş bir çerçevede çalışma alanı oluşturulabilir ve bu çalışma modlarının gerçekleştirilmesi üzerine farklı çalışmalar yapılabilir. Böylece, ileride farklı uygulamalarda kullanılmak üzere tasarlanabilecek DC elektronik yüklerler için temel olabilir ve birçok yönden katkı sağlayabilir.

Teşekkür

İlgili projede başta Ar-Ge merkezi yöneticimiz Barış Özgür TUĞGAN ve projede destek olan Salih TUNA olmak üzere tüm Magma Mekatronik Ar-Ge Merkezi çalışanlarımıza değerli yardımlarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Kaynakça

EMO, 2015. Elektrik Mühendisleri Odası, Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu. Available from: https://www.emo.org.tr/ekler/01359d141a00e28_ek.pdf [Accessed 11 November 2023]

Infineon, 2017. Infineon Technologies A.G. Application Notes, Available from: https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-ApplicationNote_Linear_Mode_Operation_Safe_Operation_Diagram_MOSFETs-ApplicationNotes-v01_00-EN.pdf?fileId=db3a30433e30e4bf013e3646e9381200 [Accessed 04 November 2023]

Infineon, 2020. Infineon Technologies A.G. Application Notes, Available from: https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-MOSFET_CoolMOS_7_linear_mode_at_high_voltage-ApplicationNotes-v02_00-EN.pdf?fileId=5546d46272e49d2a01730eef0c7529dd [Accessed 20 November 2023]

Kerrywong, 2016. Linear Mosfet Application in Electronic Load. Available from: <http://www.kerrywong.com/2016/10/08/linear-mosfet-and-its-use-in-electronic-load/> [Accessed 26 November 2023]

Keysight, 2019, Keysight Technologies. White paper. Available from: <https://www.keysight.com/zz/en/assets/7018-06481/white-papers/5992-3625.pdf> [Accessed 03 November 2023]

L. C. Corrêa, F. A. Farret, L. B. Kehler, J. M. Lenz, C. G. Ribeiro, J. G. Trapp, 2013, Electronically adjustable load for testing three phase AC systems. 2013 Brazilian Power Electronics Conference. doi:10.1109/COBEP.2013.6785249

Littelfuse, 2021. Littelfuse Technology, White Paper. Available from: https://www.littelfuse.com/~media/electronics/white_papers/littelfuse_mosfets_withstand_stress_of_linear_mode_operation_en_white_paper.pdf.pdf?_gl=1*1g246h6*_up*MQ..*_ga*NDI50TM4ODM1LjE3MDExNTkwODM.*_ga_1L998K0FXH*MTcwMTE1OTA4My4xLjAuMTcwMTE1OTA4My42MC4wLjA [Accessed 06 November 2023]

OCW MIT, Open Course Ware Massachusetts Institute of Technology, Courses. Available from:https://ocw.mit.edu/courses/6-071j-introduction-to-electronics-signals-and-measurement-spring-2006/b713e408ddb359fd729360244e747aff_24_op_amps3.pdf [Accessed 17 November 2023]

ST, 2018. ST Microelectronics, Datasheet. Available from: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f334k4.pdf> [Accessed 19 November 2023]

Tİ, 2021. Texas Instruments, Datasheet. Available from: <https://124.im/CaswFL> [Accessed 09 November 2023]

Webstore IEC, 2021. International Electrotechnical Commission, IEC. Available from: <https://webstore.iec.ch/publication/64782> [Accessed 01 December 2023]

Yuepeng Chen, Yang Fang, Shuran Jia, Junran Peng, (2016), Design of Programmable DC Electronic Load, 2016 International Conference on Industrial Informatics Computing Technology, Intelligent Technology, Industrial Information Integration. doi:10.1109/ICIICII.2016.74

Digital Twin of Smart Factories based Product Optimization and Fault Detection for Industry 4.0

Umut Bilgen^{1,2}, Rüstem Beisekin², Müge Erel-Özçevik¹

¹Manisa Celal Bayar University, Hasan Ferdi Turgutlu Technology Faculty,
Department of Software Engineering, Turgutlu, Manisa, Türkiye

² Nordal, Kabanbay batyr Ave. 19, office 28, Kazakhstan

bilgen.umut17@gmail.com, rbeisekin@nordal.kz, muge.ozcevik@cbu.edu.tr

Introduction

The Smart Factory is a seamless integration of advanced technology and digital processes, focusing on innovations like the Internet of Things (IoT), artificial intelligence, big data analytics, and automation to enhance the intelligence, flexibility, and efficiency of production processes. These facilities distinguish themselves with features like real-time data analysis, automated decision-making, self-improving systems, and human-machine interaction, playing a leading role in gaining a competitive advantage by ensuring predictability and adaptability in production processes (Soori M., et. al 2023).

The Internet of Things (IoT) establishes a network where physical devices, sensors, and equipment can communicate over the internet, with capabilities for data collection, sharing, and processing across various applications, from industrial processes to everyday life. Crucially, IoT plays a pivotal role in smart factories, enabling real-time data collection and analysis for optimized production processes, increased efficiency, and enhanced sustainability. Sensor-derived data offers valuable insights into critical areas such as equipment condition, energy usage, quality control, and inventory management. As a result, smart factories exhibit quicker and more flexible responses, optimizing production processes and securing a competitive edge.

There are many studies in the literature, and the detailed examination of the integration of IoT technologies in smart factories sheds light on the challenges associated with data-sharing constraints, emphasizing how these limitations impact the creation of current datasets (Soori M., et. al 2023). Similarly, in the paper (Sudip P et.al, 2020), the challenges and opportunities surrounding the implementation of IoT in smart manufacturing are explored. The constraints in data sharing, notably, have been identified as hindering factors in the creation of up-to-date datasets, contributing to the overall deficiency in smart factory datasets.

However, there is a novel IoT platform for a dynamic mirror, enabling in-depth monitoring, predictive maintenance, and iterative enhancements for the interconnected IoT ecosystem within the smart factory. We believe that this can be only handled by Digital Twin. This sophisticated digital counterpart continually acquires real-time data from these devices. Through the integration of advanced machine learning algorithms, the digital twin processes and interprets the collected data to fine-tune energy efficiency and optimize the overall

functionality of the IoT devices (Mihai S. et al., 2022). Therefore, we propose a novel Digital Twin-based Smart Factory platform that provides various significant contributions by addressing the integration of the Internet of Things (IoT) and digital twin technology in production processes. The whole contributions are given below:

- **Theoretical Contributions:** Through literature review and comprehensive analysis, this system extends the theoretical impacts of IoT and digital twin technology on production processes by adding new perspectives to the existing body of knowledge (Sanz Rodrigo M. et. al., 2023).
- **Implementation of the Application:** The developed cloud-based web application offers a practical solution, enabling businesses to more effectively manage their production processes. This system encompasses versatile functions such as data generation, visualization, analysis, and error detection (Sarantinoudis N. et.al. 2023, Chiang T.H. et. al. 2020).
- **Security and Data Management:** The study presents practical solutions for the secure management of extensive and sensitive data sets generated by IoT devices and effective protection against security vulnerabilities in digital twin technology (Wu Y. et. al., 2022).
- **Adaptation in the Industrial Ecosystem:** This system's integrated approach contributes to making industrial ecosystems smarter and more resilient, aiding them in adapting more effectively to the evolving technological landscape.

These contributions aim to not only expand theoretical knowledge but also provide tangible benefits to industrial applications.

Proposed System Architecture for Digital Twin Based Smart Factory

DIGITAL TWIN - SOLUTION ARCHITECTURE

Base model representing the process complemented by Shadow/Parallel model for predictions

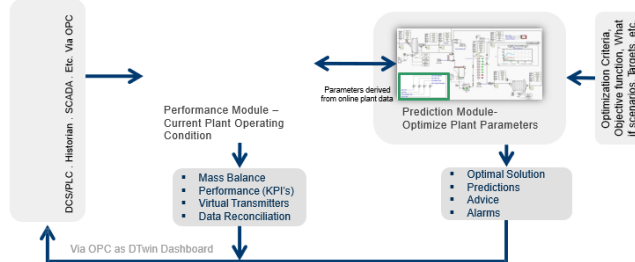


Figure 1. The proposed system architecture for digital twin based smart factory

Digital Twin-based architecture provides a comprehensive solution for the integration, monitoring, and optimization of industrial processes. This architecture consists of modules that encompass various control systems and are integrated via the OPC (OLE for Process Control) standard. In Figure 1, the details of the proposed architecture are given. It illustrates the configuration as depicted in the diagram. The design of the proposed architecture starts by specifying the machine and sensor type. If it doesn't exist, the platform enables to creation of a

new type. Then, an "item" can be created by defining machine properties based on this newly defined type. Items can link with others. To add machine sensors, tags from resources are used by linking them to the item's data. The newly proposed platform also monitors the data flow in the Overview. It customizes and visualizes data through widgets for a more effective user experience and efficient business processes. This process is also exemplified in Figures 2,3,4,5.

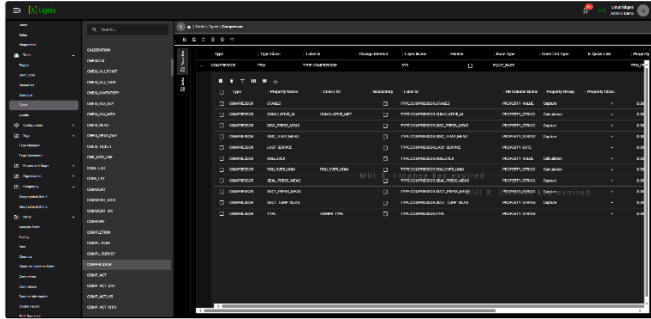


Figure 2. The 'Type' Section on the Platform

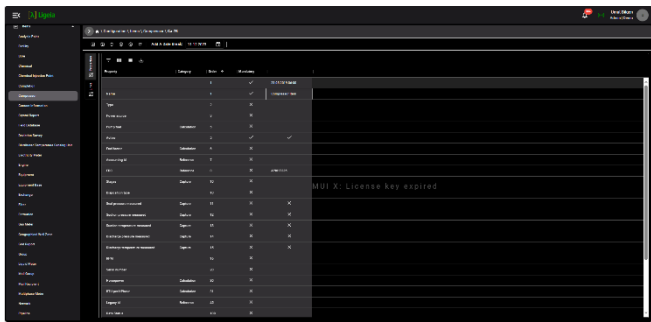


Figure 3. The 'Item' Section on the Platform

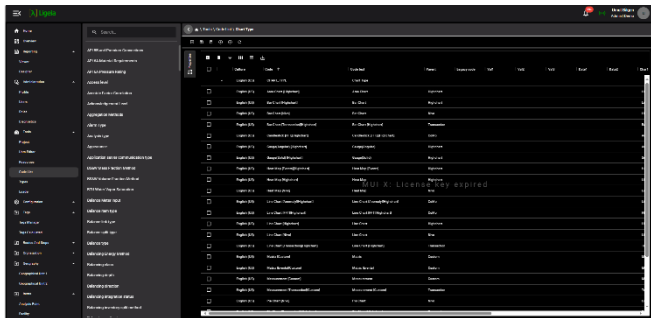


Figure 4. The 'Code List' Section on the Platform

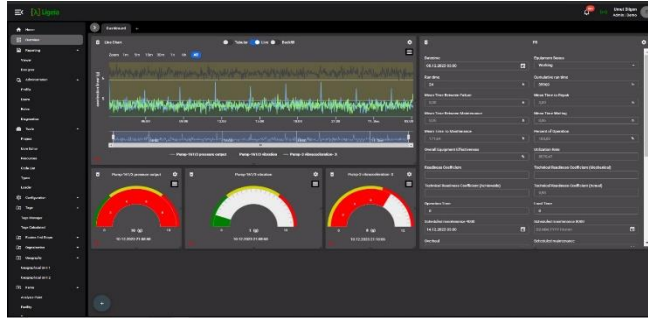


Figure 5. The 'Overview' Section on the Platform

The Explanation of Sensor Data in Digital Twin based Smart Factory

Table I. An example data for sensor data

NAME	VALUE	DATE	UOM	MIN	MAX
Pump-161/3 pressure output	0.048	6.12.2023,17:57:10	bar	0	12
Pump-161/3 vibration	5,938	6.12.2023,17:57:12	g	2	10
Pump-3 vibracceleration- X	0.312	6.12.2023,17:57:12	g	2,8	10
Pump-3A actual frequency VFD	75,957	6.12.2023,17:57:15	Hz	60	100
GA-315-Compressor-chamber temperature before exit	26,615	6.12.2023,17:57:15	C	0	135
Pump-151/3 temperature	73,751	6.12.2023,17:57:15	C	60	100

Table 1 gives information about various sensors and measurement devices, including the recorded values, the date and time of measurement, the units of measurement, and the specified minimum and maximum values for each measurement. The declaration of abbreviations are given below:

NAME: Specifies the name of the sensor or measurement device.

VALUE: Represents the measurement value at the specified time.

DATE: Indicates the date and time when the measurement was taken.

UOM (Unit of Measure): Specifies the unit in which the measurement is made (e.g., bar, g, Hz, C).

MIN (Minimum): Indicates the minimum value for the specified measurement.

MAX (Maximum): Indicates the maximum value for the specified measurement.

The Machine Learning Approaches in Digital Twin-based Smart Factory

In this subsection, we've proposed a new approach to use well-known machine learning models to enhance the estimation of sensor data in the Digital Twin layer. These are listed below:

Neural Networks (NN- Artificial Neural Networks):

Definition: Artificial Neural Networks are machine learning models inspired by the biological neural system.

Applications: They are used in various tasks such as image and speech recognition, natural language processing, classification, and regression.

Working Principle: It consists of interconnected layers of nodes forming a network structure. It includes input layers, hidden layers, and output layers. It learns by optimizing weights and activation functions.

Autoencoders:

Definition: Autoencoders are a type of neural network that learns a low-dimensional encoding to represent input data.

Applications: Used for dimensionality reduction, noise reduction, feature extraction, and data visualization.

Working Principle: Comprises two main components: an encoder that transforms input into a low-dimensional representation, and a decoder that attempts to reconstruct the original input from this representation. This process enables the model to learn meaningful features.

XGBOOST

Definition: XGBoost (eXtreme Gradient Boosting) is a powerful tree-based machine learning algorithm.

Applications: It has a wide range of applications, especially widely used for classification and regression problems.

Working Principle: It is one of the boosting algorithms and creates a strong model by combining weak learners, typically decision trees. Designed upon Gradient Boosting, it incorporates a series of enhancements to improve performance.

Interpretation and Comprehensive Technical Analysis of Proposed System Architecture

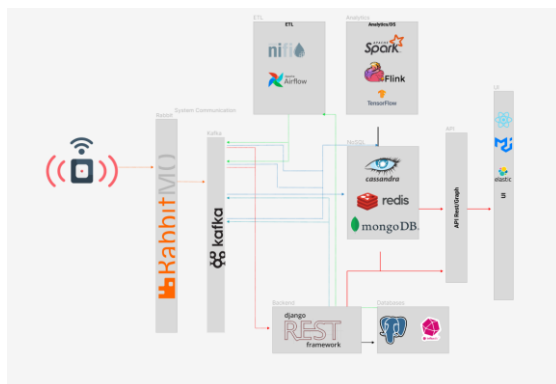


Figure 6. The Service Diagram of Digital Twin based Smart Factory

The service implementation details of proposed system architecture is given in Figure 6. In the realm of industrial IoT applications, Ligeai stands as a beacon of innovation, providing robust and scalable solutions for diverse industries. This cutting-edge solution boasts a dynamic technology stack, seamlessly integrating modern technologies to revolutionize data management and analytics.

- *Empowering User Experience with React:* Ligeai places user experience at the forefront with its React-based interface. Offering a seamless and interactive journey, React's flexibility enables rapid development of scalable and responsive user interfaces.
- *Backed by Django's Prowess:* At its core, Ligeai leverages Django, a Python-based web framework, to ensure a powerful back-end. Django's rapid development features, security-centric design, and scalability synergize to optimize system performance.
- *Efficient Data Flow Management with NiFi and Flink:* Ligeai orchestrates data flows seamlessly with Apache NiFi and Flink. These tools play a vital role in processing and optimizing large-scale data streams, ensuring efficient data management.
- *Reliable Message Queues - RabbitMQ and Kafka:* RabbitMQ and Kafka serve as the backbone for reliable message queues within the Ligeai solution. Ensuring secure data transmission and integration, these components play a pivotal role in maintaining organized and dependable data flows.
- *Real-Time Communication via DRF Channels:* For real-time communication needs, Ligeai harnesses DRF Channels, a Django-based solution supporting the WebSocket protocol. This enables instantaneous data transmission and communication.
- *Efficient Cache Management with Redis:* Redis takes the reins for cache management within Ligeai, offering a memory-based key-value store. Ideal for scenarios requiring rapid data access and high performance.
- *Dedicated Time Series Data Storage:* InfluxDB: InfluxDB serves as the dedicated solution for storing and querying time-series data within LigeAI. Its efficiency shines in managing metrics, performance data, and other time-series data.
- *Versatile Database Usage:* Ligeai employs a variety of databases, including PostgreSQL, MongoDB, etc. PostgreSQL excels in efficiently managing relational data, while MongoDB proves ideal for document-based data structures.

In conclusion, Ligeai comprehensive technology stack positions it as a frontrunner, providing innovative solutions that redefine the landscape of industrial IoT applications. By seamlessly integrating these technologies, Ligeai sets a new standard for efficiency, scalability, and user-centric design in the industrial IoT ecosystem.

Performance Evaluation

The performance is evaluated on an Azure virtual machine with 8 virtual processor cores and 64 GB of RAM, leveraging technologies such as React for frontend, Django for backend, and NiFi, Flink, TensorFlow, and Spark for ETL processes and artificial intelligence models. The performance evaluation metrics are defined as follows:

Confusion Matrix

	Actually Positive (1)	Actually Negative (0)
Predicted Positive (1)	True Positives (TPs)	False Positives (FPs)
Predicted Negative (0)	False Negatives (FNs)	True Negatives (TNs)

Figure 7. Confusion matrix of performance evaluation metrics

Confusion Matrix is a table evaluating the performance of a classification model by comparing actual and predicted classes, providing four key metrics: TP, FP, TN, FN. They are used for the validation of machine learning methods. The precision and recall are calculated as given in Eqs. (1) and (2) as below:

$$Precision = \frac{True\ Positive}{True\ Positive + False\ Positive} \quad (1)$$

$$Recall = \frac{True\ Positive}{True\ Positive + False\ Negative} \quad (2)$$

where Precision measures the accuracy of positive predictions made by a model. It is the ratio of true positive predictions to the total predicted positives. Recall measures the ability of a model to capture all the positive instances. It is the ratio of true positive predictions to the total actual positives. Then, F1 Score is also calculated by using Eqs (1) and (2) as given below:

$$F1\ Score = 2 * \frac{recall * precision}{recall + precision} \quad (3)$$

where F1 Score is a metric that balances precision and recall into a single value. It is the harmonic mean of precision and recall, providing a comprehensive assessment of a model's performance, especially in situations with imbalanced class distribution.

$$Accuracy = \frac{Number\ of\ Correct\ Predictions}{Total\ Number\ of\ Observations} \quad (4)$$

where accuracy represents the ratio of correct predictions to the total number of observations for classification problems.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - X_i)^2 \quad (5)$$

where n is the number of observations, Y is the actual value, and X is the model's prediction. Mean Squared Error (MSE): Commonly used for regression problems, MSE measures how close the model's predictions are to the actual values by calculating the average of the squared errors.

Neural Networks (NN - Artificial Neural Networks)

The confusion matrix and performance tables obtained from the model trained with Neural Networks (NN - Artificial Neural Networks) are provided in Figure 8 and Table 2, respectively.

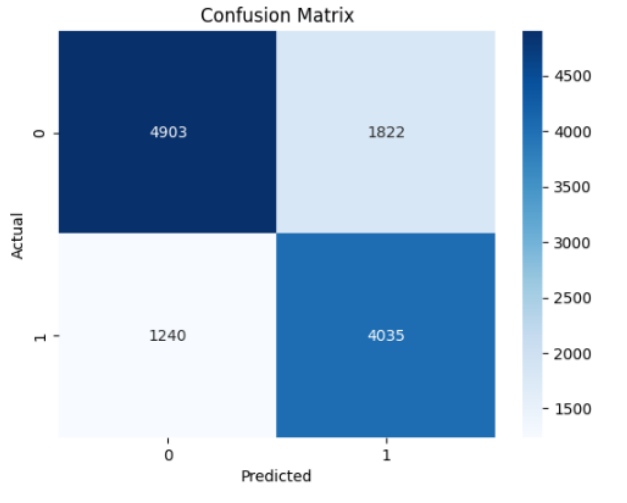


Figure 8. The confusion matrix of the NN model

Table II. The performance results of the NN model

Metric	Value
Precision	0.688919
Recall	0.764929
F1 Score	0.724937
Accuracy	0.744833

Autoencoders

In this study, the unsupervised learning process conducted with the autoencoder model yielded a Mean Squared Error (MSE) value of 0.824415, providing a qualitative assessment of the model's success. Additionally, the prediction time of the model was measured at 64ms, which is depicted in Figure 9. To delve deeper into the performance of the model, our focus can be directed toward the visualization of the model graph depicted in Figure 10.

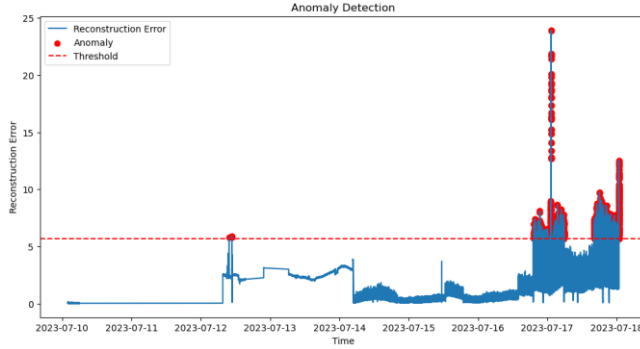


Figure 9. Creating a prediction graph on live data

```
1/1 [=====] - 0s 64ms/ste
Asset 6 at 2023-07-18 01:25:04.704000+00:00 is an anomaly
The features contributing the most to the anomaly are: bar
```

Figure 10. The prediction time of the model on live data.

We had provided the values of the models trained with NN and autoencoder, and if we compare a NN model with a 72% success rate to an autoencoder model with an MSE value showing 82% success, the latter stands out for anomaly detection. Additionally, the high accuracy rate of the autoencoder model and its prediction time suitable for real-time data application (64 ms) contributed to its preference.

Autoencoders + XGBOOST

The results in Table 3 demonstrate the success of a method employing AutoEncoder and XGBoost model. AutoEncoder learns from unlabeled data and subsequently, the XGBoost model utilizes this learned information for classification. This strategy proves effective, particularly in the absence of labeled data, enhancing model performance. The approach combines AutoEncoder and XGBoost to address dataset complexity and provide a broader learning capability. These findings provide crucial insights into the main methodology of the article.

Table III. The performance results of the XGBOOST model

Metric	Value
Precision	0.963217
Recall	0.966818
F1 Score	0.967781
Accuracy	0.966012

We chose not to use the combined method despite its high success rate due to the delay it introduced in our real-time operations. This delay led to data accumulation in services, hindering the flow of live data. Therefore, we prefer to utilize our AutoEncoder model, which has a lower error rate, to avoid these issues.

Conclusion

In this paper, we’ve proposed Digital Twin based smart factory platform. It solves data privacy challenge in smart factories, which do not prefer to share their data in a public cloud-based environment. Thanks to digital twin, the proposed platform creates a digital replica of physical entities in a smart factory and tests the system in a virtual simulation environment to handle decision-making. The proposed platform is also implemented in a real smart factory named as Ligea.ai. It collects both historical and new data from the physical entities of the real factory and runs machine learning-based algorithms to improve product efficiency and detect faults. In the performance evaluation, we’ve compared ANN, Autoencoders, XGBoost in terms of precision, recall, F1-score and training time of the digital twin layer. According to results, AutoEncoder model, which has a lower error rate. We believe that the proposed platform not only enhances overall production efficiency but also contributes to making informed decisions, adapting to the evolving technological landscape, and fostering the development of a more intelligent and resilient industrial ecosystem.

References

- Chiang T.H. et. al. (2020). Magnetic Field-Based Localization in Factories Using Neural Network With Robotic Sampling. *IEEE Sensors Journal*, vol. 20, no. 21, pp. 13110-13118, 1 Nov.1, doi: 10.1109/JSEN.2020.3003404.
- Mihai S. et al. (2022). Digital Twins: A Survey on Enabling Technologies, Challenges, Trends and Future Prospects. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 24, no. 4, pp. 2255-2291, Fourthquarter, doi: 10.1109/COMST.2022.3208773.
- Sanz Rodrigo M. et. al. (2023). Digital Twins for 5G Networks: A Modeling and Deployment Methodology. *IEEE Access*, vol. 11, pp. 38112-38126, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3267548.
- Sarantinoudis N. et.al. (2023). Model-Based Simulation Framework for Digital Twins in the Process Industry. *IEEE Access*, vol. 11, pp. 111701-111714, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3322926..
- Soori M., Arezoo B, Dastres R. (2023). Internet of Things for Smart Factories in Industry 4.0
- Sudip P, Diwakar B, Rabindra B. (2020). Challenges, Opportunities and Future Directions of Smart Manufacturing: A State of Art Review, *Sustainable Futures*. Volume 2, 100023,ISSN 2666-1888, <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2020.100023>.
- Wu Y. et. al. (2022). Graph Neural Networks for Anomaly Detection in Industrial Internet of Things. *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 9, no. 12, pp. 9214-9231, 15, doi: 10.1109/JIOT.2021.3094295.

Machine Learning based DL/UL Traffic Load Prediction in Software Defined Radio for 5G Networks

Elif Yaren Tat^{1,2}, Gökhan Kalem², Müge Erel-Özçevik¹

¹Manisa Celal Bayar University, Hasan Ferdi Turgutlu Technology Faculty,
Department of Software Engineering, Turgutlu, Manisa, Türkiye

² Turkcell, İstanbul, Türkiye

elif.tat@atmosware.turkcell.com.tr, gokhan.kalem@turkcell.com.tr,
muge.ozcevik@cbu.edu.tr

Introduction

In today's rapidly evolving mobile communication landscape, significant transformation occurs with the widespread adoption of 5G networks. According to the Ericsson Mobility Report, the number of 5G mobile subscribers is expected to surpass 1.6 billion by the end of 2023, indicating the swift evolution in mobile communication. The same report predicts global mobile data traffic will increase, reaching 56 GB per smartphone per month (Ericsson, 2023). This substantial growth poses a significant challenge in maintaining service quality (QoS) under the key performance indicators of 5G networks. For example, enhance Mobile Broadband (eMBB) traffic requires under 4 milliseconds delay, whereas Ultra-Reliable low Latency (URLLC) communication needs zero latency. EMBB has a huge bandwidth requirement, whereas massive Internet of Things (mIoT) has extreme capacity demand on 5G network.

While there are numerous studies in the literature on predicting and managing 5G radio traffic, the issue of data privacy is a notable concern, especially in machine learning-based approaches during the process of collecting training data. In this context, this article proposes a method for data collection and analysis using Software-Defined Radio (SDR). SDR enables users to collect and analyze their data at the edge network with the aim of improving service quality (Gökçeli S et al., 2020).

In the literature, there are many studies that try to enhance QoS by using machine learning-based approaches in SDR. For example, CNN-LSTM method is used to improve the accuracy of prediction for 5G traffic load (Tan H. 2023). In the paper (Oduro-Gyimah F.K., and Boateng K. O. 2018), ARIMA, Elman Neural Network (ENN) and Multilayer Perceptron (MLP) method are compared for hourly collected statistical data of SDR. In the papers (Ji S, et. al. 2020) and (Rebari P., and Killi B. R. 2023), the deep learning is implemented to obtain high accuracy on traffic prediction of 5G SDR. However, huge amount of data cannot be collected in the center because of data privacy. Moreover, there can be missing data for some faults on SDRs.

Therefore, this study focuses on two different datasets, including real data from the 5G radio of

the Turkish telecommunications leader Turkcell, an extended dataset using interpolation and extrapolation for missing hours (Luo W et.al, 2020, Bibby M.M., 2008). Through the data expansion approach presented in this article, SDR can collect, expand, and run machine learning-based algorithms to predict the number of new users to be assigned to 5G networks within a future hour. This process has the potential to optimize channel allocation to improve QoS for end-users. In the rest of paper, the system architecture is given with the proposed SDR scenario. In the performance evaluation, the proposed approaches are evaluated by using the Weka environment. The paper is summarized in the conclusion.

-Proposed System Architecture

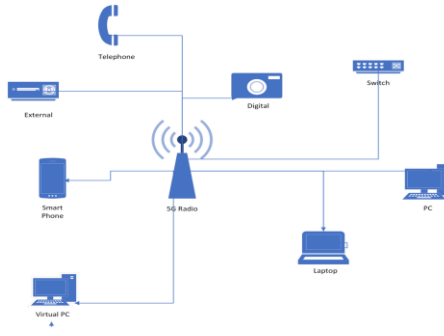


Figure 1. An example architecture of 5G SDR

In the Fig.1, the proposed SDR architecture is simplified. There is a 5G-based SDR radio which serves multiple end-users where they forwards different 5G traffic types as eMBB, URLLC, mMTC. It periodically collects data from end-devices and try to predic load hours by using the evaluated algorithms. In this paper, we use real data taken from Turkcell 5G radio as analyzed in Figure 2. It is detailed in the following subsection.

Preliminary analysis of actual data of SDR

In Figure 2, based on real-time data obtained from Turkcell's 5G radio on an hourly basis, the ratios of Uplink (UL) and Downlink (DL) traffic loads to users are depicted. The differences in UL/DL ratios are crucial indicators for understanding the network's load status and user experience. The data in Figure 1 illustrates how UL and DL traffic are distributed among users during a specific period. Hourly collected data has been utilized to assess the network's bandwidth, capacity, and efficiency. This serves as a valuable source of information for understanding and enhancing the performance of 5G networks. The noticeable differences between the ratios can reflect the density of the network and user demands during specific time intervals. This situation can provide valuable guidance to network administrators in developing strategies to cope with the variability and intensity of traffic. Designed based on real data provided by Turkcell's 5G radio, Figure 2 supports analyses aimed at better understanding network performance and predicting future capacity needs. This analysis can contribute significantly to the effective management of 5G networks and the optimization of user experience. In this context, the graph provides a valuable visual that can guide network

administrators in making strategic decisions.

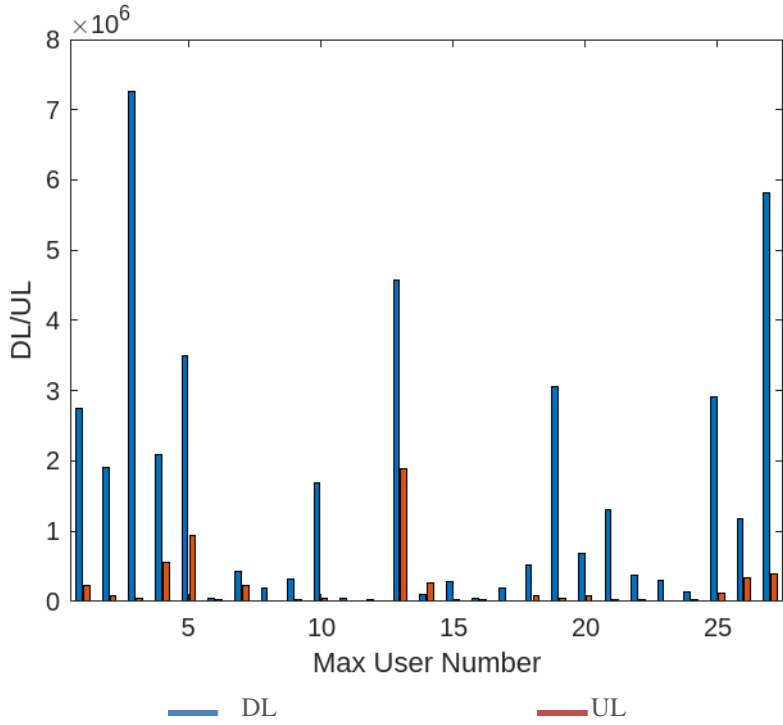


Figure 2. DL/UL traffic loads of 5G SDR

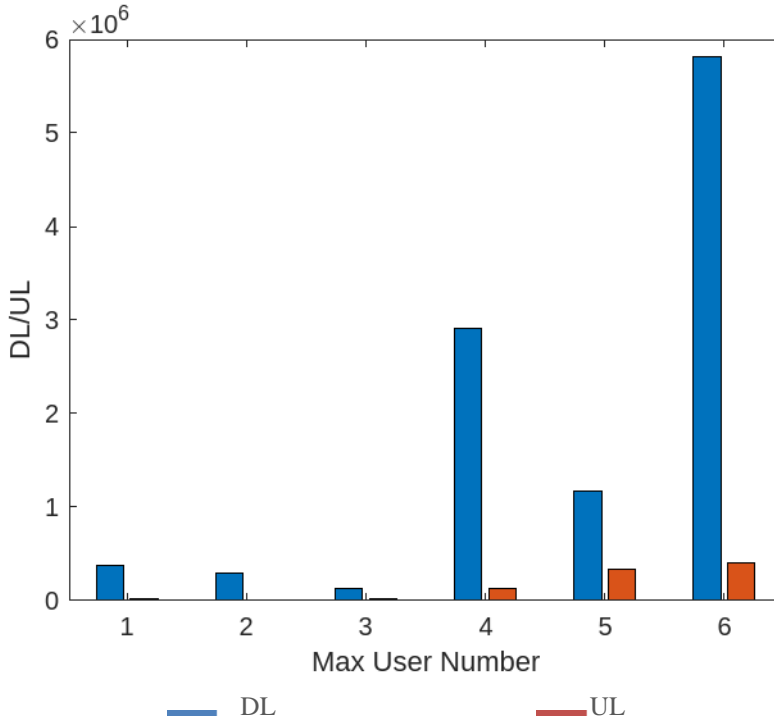


Figure 3. DL/UL Ratio of actual data

In Figure 3, the ratios of Uplink (UL) and Downlink (DL) traffic loads for the first 6 users are observed based on real data. The table indicates a significant elevation in DL ratios, although it is noteworthy that there are higher error percentages in UL ratios. This dataset is designed to comprehend the distribution of traffic loads among users. The first 6 users represent sample points of the network's traffic during a specific time period. The higher DL ratios suggest that these users generally download more data and place a higher demand on the network. However, the high error percentages in UL ratios indicate the presence of uncertainties, especially during the estimation of these ratios, and errors are more pronounced at points where interpolation is conducted. The analysis of Figure 3 is crucial to understanding the traffic in a specific user group and evaluating the factors influencing this traffic. Additionally, the differences in DL and UL ratios can guide network administrators in making strategic decisions to optimize bandwidth allocation and improve service quality. Figure 3 presents these significant insights derived from real data in an academic context.

Analytical Details of Proposed Model

In this study, interpolation and extrapolation techniques were employed to create the second dataset. These techniques involve using mathematical formulas to understand relationships between known data points and making predictions for unknown points based on these relationships. In this context, the FORECAST.LINEAR and GROWTH formulas were selected as the mathematical tools forming the basis of this analysis.

Function 1: FORECAST.LINEAR

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \tag{1}$$

$$b = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum(x - \bar{x})^2} \tag{2}$$

The FORECAST.LINEAR function is used to make predictions for a specific x value, representing a data point to be estimated as in Eqs 1 and 2. The known_y's and known_x's represent the dependent and independent variables, respectively. In the context of DL/UL data, these variables are used to create the known dependent variables, while the independent variables represent time. Known_y's and known_x's are arrays or ranges of known values, where known_y's are the dependent variable values, and known_x's are the corresponding independent variable values (in this case, representing time). The function calculates the predicted y value for a given x value based on the linear relationship observed in the known data. So, if we are using the FORECAST.LINEAR function to predict DL/UL data, known_y's would be the observed DL/UL values, and known_x's would be the corresponding time values. The function would then provide a linear prediction for DL/UL at a specified time (x value)

Function 2: GROWTH

$$y = b * x + a \tag{3}$$

The GROWTH function represents a growth rate and is utilized to make predictions for future points based on known dependent and independent variables as in Eq.3. In this case, known_y's, known_x's, and new_x's respectively represent the known dependent and independent variables along with the new independent variables for which predictions are desired. These formulas were employed to understand the relationships between DL/UL traffic loads, fill in missing data points, and predict future traffic. Interpolation was used to estimate values between known data points, while extrapolation was used to predict future values beyond these points. These analytical methods were employed to extend the dataset and fill in missing data. In this way, the resulting second dataset is designed to provide a more comprehensive understanding of the relationships, especially between DL/UL traffic loads.

Table I. Extended Data Set by using Interpolation and Extrapolation

DL_Trif_Vol_kbit(DU)	UL_Trif_Vol_kbit(CU)	Avg User Num (CU)	Max_User_Num
2746594,72	221934,832	1,452	4
1900510,432	80397,92	1,467	4
7255162,04	51559,744	1,069	3
2097224,328	562228,472	0,589	5
3491669,448	941741,656	0,561	2
39113,448	29821,848	0,246	2
437509,832	220690,448	0,441	2
198465,808	11372,152	0,221	2
326344,48	36520,384	0,288	2
1697741,776	48073,072	0,757	3

“Mühendislik, Fen ve Sağlık Bilimleri’nde AR-GE ve İnovasyon Çalışmaları”

50139,456	2621,072	0,064	1
19369,376	1294,048	0,071	1
4575099,008	1894845	0,866	2
103730,176	268604,008	0,365	3
289749,192	18549,864	0,324	2
50244,136	23331,592	0,109	2
195556,888	11731	0,262	2
512192,216	87067,552	1,005	6
3057782,544	37063	0,571	3
682907,128	82753,224	0,612	3
1302585,936	25446,792	0,259	1
382748,32	26194,576	0,218	1
299741,208	8091,224	0,25	2
134927,832	25059,304	0,583	3
2915554,464	126145,368	1,299	4
1176363,12	335565,896	1,318	5
5810687,768	401298,616	3,077	6
3666717,088	316159,9762	2,14	7
4173368,825	342322,0708	2,48	8
4680020,562	368484,1654	2,83	9
5186672,299	394646,26	3,182	10

By using defined two functions, the actual data is extended for missing hours. Table 1 contains the real dataset obtained from Turkcell's 5G radio on an hourly basis in the first 27 rows, while the subsequent rows display the dataset created using the interpolation method. The formulas used to access this data have been detailed above. The real dataset comprises hourly data obtained from Turkcell's 5G radio, representing actual traffic loads on the network during specific time intervals. Each row represents Uplink (UL) and Downlink (DL) traffic loads during a specific time period. The remaining rows contain the dataset created using the interpolation method. This analysis is performed to predict missing data points and expand the relationships between existing data points. The interpolation process is executed using specific mathematical formulas and algorithms. The utilization of the mentioned FORECAST.LINEAR and GROWTH formulas have provided fundamental tools for creating this dataset. This analytical process, utilizing Turkcell's 5G radio hourly real data, aims to comprehend and manage the network traffic more comprehensively by filling in missing data points and expanding the dataset. This table provides valuable information for network administrators to understand traffic loads during specific time intervals and assist in predicting future traffic based on actual data.

Figure 4 includes the analysis results conducted on the interpolated version of the dataset. The analysis depicts the UL (Uplink) and DL (Downlink) traffic load ratios for the first 10 users.

The table clearly shows significant differences among users, indicating higher DL ratios and lower error percentages in UL ratios. The interpolation process of the dataset involves predicting data for missing hours. This analysis is conducted to gain a more comprehensive understanding of the network's traffic during a specific time period. The pronounced differences between DL and UL ratios provide crucial information for network management and resource allocation. While Figure 4 highlights that DL ratios are significantly higher for the first 10 users, it also demonstrates lower UL ratios. This information provides insights into the overall network load and distribution of demands. Additionally, the low error percentages indicate the successful execution of the interpolation process, suggesting that the predicted data is close to the real data. This analysis guides network administrators in better understanding traffic during a specific time period, managing resources more effectively, and predicting future capacity requirements more accurately. In this context, the table serves as a valuable tool for making strategic decisions to optimize the performance of 5G networks and enhance the user experience.

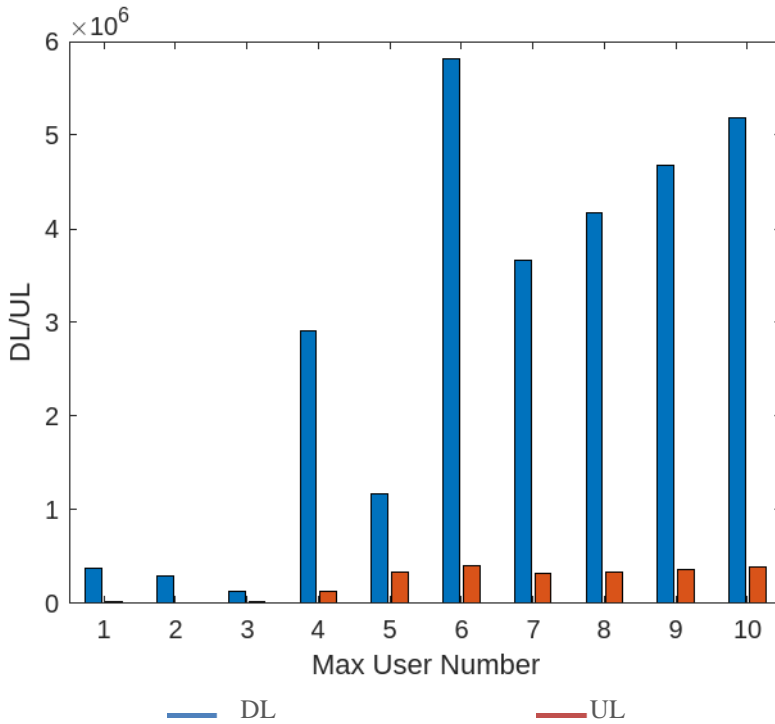


Figure 4. DL/UL Ratio of extended data

In Figure 5, the ratios of Uplink (UL) and Downlink (DL) traffic loads for the interpolated and extended dataset are presented. This dataset is created using interpolation and extrapolation methods to estimate missing data and extend the relationships between existing data points. The graph is designed to provide a detailed explanation of the ratios of DL and UL traffic and to offer a forecast of the traffic during a specific time period. This analysis is conducted to enable a broader evaluation of network performance, showcasing how interpolation and extrapolation methods are applied to enrich the dataset and predict future traffic.

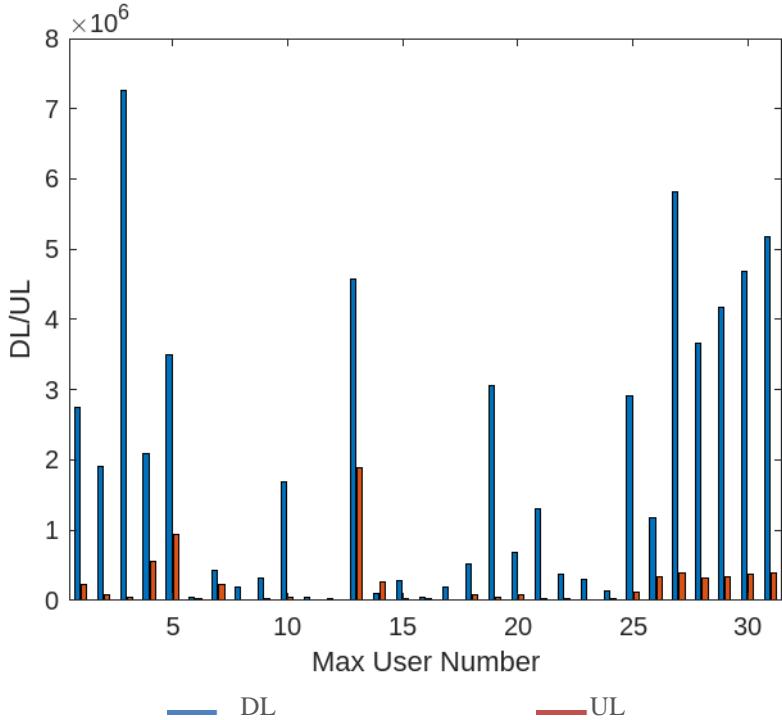


Figure 5. DL/UL Ratio of extended data

a. Implementation of Proposed Approach

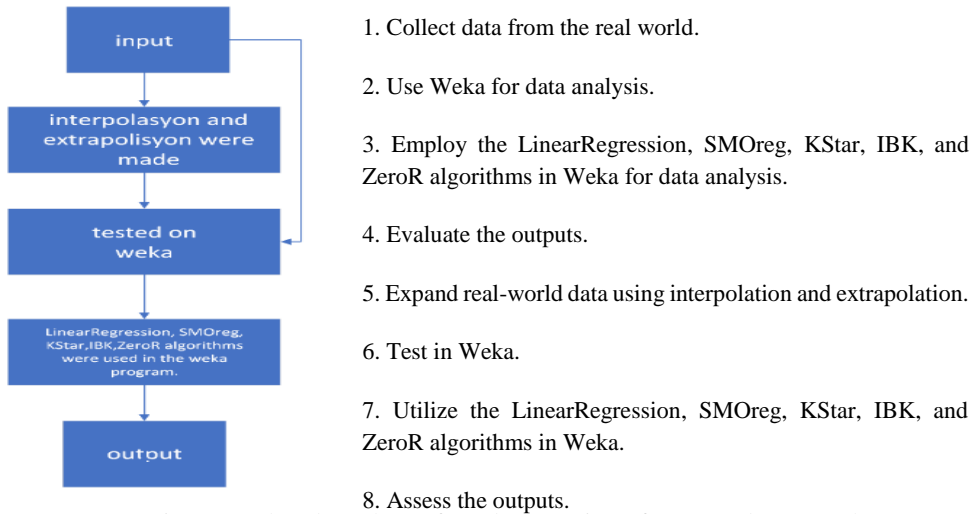


Figure 6. The Flow chart of Implementation of Proposed Approach

In Fig. 6, the flow chart of implementation details is given. The extended data set of SDR is

analyzed with different machine learning algorithms by using Weka. The optimum ones are selected to compare in the performance evaluation. The results are summarized in the next section.

Performance Evaluation

These dataset have been evaluated by using Weka version 3.8.6 on a computer with Ubuntu 20.04 Focal, equipped with a processor and 15831 MiB of RAM. Different machine learning algorithm are run for real and extended data sets, and results are given in Table 2.

T 2. Performance Results

Algorithm Name	Error Name	Dataset
LinearRegression	Root mean squared error	Real Dataset
SMOreg	Relative absolute error	Real Dataset
Kstar	Correlation coefficient	Real Dataset
IBK	Correctly Classified Instances	Real Dataset
ZeroR	Correlation coefficient	Real Dataset
LinearRegression	Relative absolute error	Extended Dataset
SMOreg	Root relative squared error	Extended Dataset
Kstar	Root relative squared error	Extended Dataset
IBK	Relative absolute error	Extended Dataset
ZeroR	Incorrectly Classified Instances	Extended Dataset

According to Table 2, the results of the algorithms run on real datasets in Weka are shown. The LinearRegression, SMOreg, KStar, IBK, and ZeroR algorithms yielded both the best and worst results. When we applied these algorithms to real datasets, the IBK algorithm produced the highest error, while the best result was achieved with the KStar algorithm with a 54% accuracy. In the extended dataset, the LinearRegression algorithm yielded the highest error, whereas the best result was obtained with the IBK algorithm.

Conclusion

In this paper, we’ve proposed a Software-Defined Radio (SDR). The real data is taken from Turkcell's 5G radio. Interpolation and extrapolation have been employed as data expansion methods on the real data set for missing hours. This approach holds the potential for predicting new users in 5G networks. Real data from Turkcell, obtained using SDR, has been analyzed with LinearRegression and IBK algorithms in Weka. The IBK algorithm yields the best result with a 54% accuracy rate, while the KStar algorithm indicates a high error rate. In the extended dataset, the LinearRegression algorithm demonstrates the best performance. Results obtained using different algorithms and datasets show variability. In some cases, KStar and IBK algorithms indicate high error rates. However, in the extended dataset, the LinearRegression algorithm exhibits the best performance.

References

- Bibby M.M., Peterson A.F., and Coidweif C. M. (2008). Use of extrapolation to improve accuracy and enhance confidence in numerical results. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 50, no. 4, pp. 150-155. doi: 10.1109/MAP.2008.4653686.
- Ericsson. (2023). Ericsson Mobility Report EAB-23:009890 Uen Rev B.
- Gökceli S et al. (2020). SDR Prototype for Clipped and Fast-Convolution Filtered OFDM for 5G New Radio Uplink. *IEEE Access*, vol. 8, pp. 89946-89963, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2993871.
- Ji S, et. al. (2020). Airport network traffic prediction in 5G scenarios: a deep learning approach. 2020 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB), Paris, France, pp. 1-5, doi: 10.1109/BMSB49480.2020.9379722.
- Luo W, Liu J., Li Z., and Song J. (2020). Efficient Triangular Interpolation Methods: Error Analysis and Applications. in *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 19, no. 6, pp. 1032-1036. doi: 10.1109/LAWP.2020.2988289.
- Oduro-Gyimah F.K., and Boateng K. O. (2018). A Comparative Analysis of Telecommunication Network Traffic Forecasting: A Three Model Approach. 2018 IEEE 7th International Conference on Adaptive Science & Technology (ICAST), Accra, Ghana, pp. 1-11, doi: 10.1109/ICASTECH.2018.8506973.
- Rebari P., and Killi B. R. (2023). Deep Learning Based Traffic Prediction for Resource Allocation in Multi-Tenant Virtualized 5G Networks. *TENCON 2023 - 2023 IEEE Region 10 Conference (TENCON)*, Chiang Mai, Thailand, pp. 97-102, doi: 10.1109/TENCON58879.2023.10322446.
- Tan H. 2023. A Novel Approach to Wireless Network Traffic Prediction using CNN-LSTM Attention Model with Prophet Model. (2023) 2nd International Conference on Machine Learning, Cloud Computing and Intelligent Mining (MLCCIM), Jiuzhaigou, China, pp. 285-292, doi: 10.1109/MLCCIM60412.2023.00047.

Selecting of the Main Factors Improving Window Thermal Insulation Performance

Didem Kale, Nazmiye Yoldaş, Deniz Akkaş, Ecem Sert

Ege Profil A.Ş., AR-GE, Menemen-İZMİR, TURKEY

didem.kale@deceuninck.com

nazmiye.yoldas@deceuninck.com

deniz.akkas@deceuninck.com

ecem.sert@deceuninck.com

nazmiye.yoldas@deceuninck.com

Introduction

It appears that the limited energy resources in our world are being depleted due to increasing needs emerge as a problem that shows the importance of efficient energy use, we will encounter in the future. A large part of the total energy is spent on building structures. Turkey is the country with the fastest developing building stock in the European continent (Schimschar ve ark., 2016). 35% of the energy spent in our country originates from building structures (Gülle ve ark., 2016).

According to the data of the International Energy Agency (IEA), the energy consumed in the building operation process constitutes approximately one-third of the total global final energy consumption, and the majority of the energy consumed is used for heating, cooling, and hot water supply (Hafner ve ark, 2019). For this reason, studies on reducing energy expenditures from buildings are currently one of the most important researched and developed areas.

One of the precautions to be taken to preserve the energy of the building is to improve the thermal insulation performance of the building, thus preventing heat losses. Thermal insulation applications are used to keep the heat losses and gains at a minimum level between two areas at different temperatures. If the heat loss is excessive from the building structures to the exterior, the building spends extra energy to provide interior comfort, and the fuel consumption increases. Increasing fuel consumption increases the operating cost of the building.

To create a thermally insulated building, only the exterior of the building should not be evaluated. Along with the exterior, building elements such as the terrace, roof, window, and glass should also be considered. Since traditional windows provide low thermal insulation performance, approximately 60% of the heat losses in buildings are caused by windows (Cüce ve ark, 2019). In thermal insulation performance improvement studies, the window stands out from other building structural elements. By improving the thermal insulation performance of the windows, the amount of fuel consumed is reduced, thus saving energy and reducing the building's usage cost and environmental pollution.

In this study, PVC windows were used and the factors affecting the window frame thermal insulation were examined. The study was carried out by examining the values taken for the window design that gives the optimum result according to the thermal insulation performance factors.

Material and Methods

Materials

Choosing Window Profile

PVC is the most widely used member of the vinyl family. PVC offers excellent corrosion and weather resistance. It has a high strength-to-weight ratio and is a good electrical and thermal insulator. PVC is also self-extinguishing per UL flammability tests. PVC may be used to temperatures of 60°C and is readily available in sheets, rods, and tubing. PVC may be cemented, welded, machined, bent, and shaped readily (Anon., 2010). For these reasons, PVC was chosen as the window raw material.

Determining Window Factors

The characteristics that make window profiles different from each other are revealed and 8 factors taken into consideration in PVC window profile design are stated in this study to examine their effects on thermal insulation performance and these 8 factors are shown in Figure 1.

The first factor is frame width. The frame width defines the distance between the surface of a frame profile facing the inside of the house and the surface facing the exterior.

The second factor, the number of chambers, defines the number of chambers from the inner surface to the outer surface of a frame or sash. Increasing the number of chambers in a profile will make the chamber dimensions smaller, making the circulation of the air inside difficult.

The third factor, the number of the gasket, defines use in the area between the frame and the sash. The gasket is used as a tightness element in windows and is generally produced from soft materials such as TPE, EPDM, Soft PVC, etc.

The fourth factor, the reinforcement height, defines the inner height distance of the reinforcement used to give strength to the profile. In this study, the reinforcement width was kept constant depending on the inner width of the profile.

The fifth factor is the rebate length. The rebate is the profile part that allows hinge assembly and gasket in window profiles. The definition of rebate length defines the vertical distance from the body of the profile to the furthest part of the rebate.

The sixth factor, sash rebate type, is divided into two in terms of the sash profile surfaces facing the external environment. These can be defined as recessed sash and flat sash. Although recess is a profile structure developed for water tightness purposes, it will affect the results as it will change the cavity definitions between the frame and sash according to the EN ISO 10077-2 standard.

The seventh factor, the reinforcement thickness, defines the reinforcement thickness of the support steel used in the profiles. Since the reinforcements are produced by bending, the thickness range is limited. It usually ranges from 2.5 mm to 0.5 mm.

Lastly, the eighth factor, the glazing thickness, refers to the width of the glazing element placed inside the sash profile. Since a glazing-specific material definition is not used in the EN ISO 10077-2 standard, and a panel is defined instead of glazing, the thickness of this panel structure has been applied by changing it in the calculations.

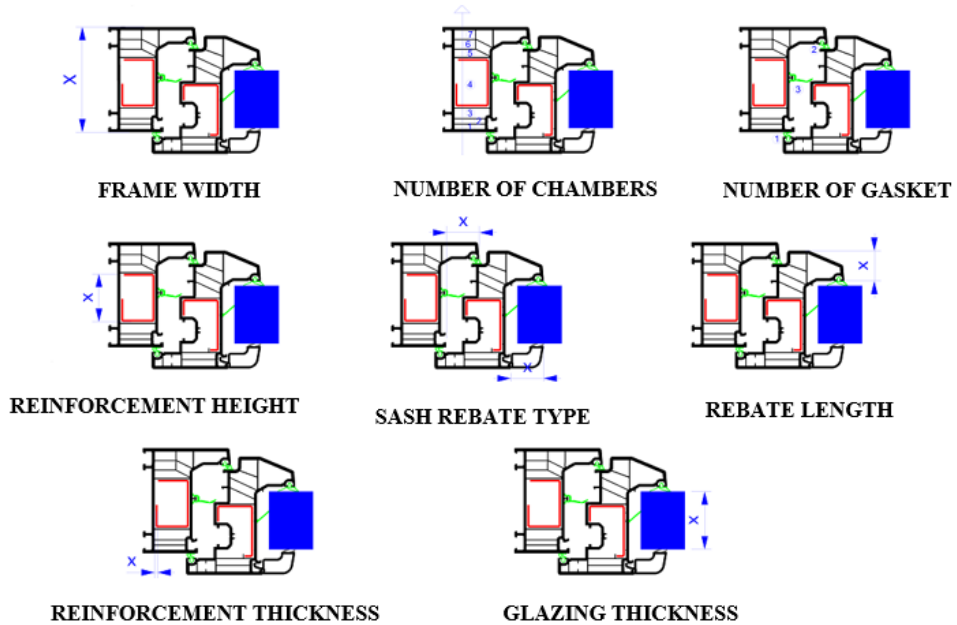


Figure 1. Eight Factors Affecting Thermal Insulation Performance

These factors have variable values, the first of which is the frame width with a length of 60, 70, 80, and 84 mm. In this project, there are 3 and 4 chambers for a 60 mm PVC profile, 5 and 6 chambers for a 70 mm PVC profile, 6 and 7 chambers for an 80 mm PVC profile, and 7 chambers for an 84 mm PVC profile. Requirements in profile design have caused these chamber numbers to be dependent on the frame width.

The values of the other factors are the number of gaskets (2, 3), the rebate length (20, 25 mm), the reinforcement thickness (1; 1,20; 1,50 mm), the glazing thickness (24, 36, 44 mm) analyzed as variability.

The sash rebate type is taken as recess sash or flat sash, and reinforcement height is expressed as short or long. The long reinforcement height is defined for reinforcements that fill the reinforcement chamber, while the short reinforcement height defines reinforcements that use part of the reinforcement chamber. Since these lengths change according to the frame width, they cannot be defined numerically.

Methods

Experimental Method

Design of Experiments (DOE) with MINITAB

Statistical experimental design, also known as design of experiments (DOE), is the methodology of how to conduct and plan experiments to extract the maximum amount of information with the lowest number of analyses (Decaestecker ve ark, 2004) By designing an experiment, the relationship between the factors affecting a process and the output of that process is sought. In other words, it is used to find cause-effect relationships.

Different window types were designed depending on the factors given in this study. Variety has been provided in the window type and the effects of the variations of the factors on the thermal insulation performance have been examined with DOE. Information variation was defined to reflect the variations of the factors and an experimental design was applied with MINITAB to find the factor that best affects the thermal insulation performance.

Analysis of Window Thermal Insulation with Numerical Method

Thermal Insulation Performance analysis in BISCO Software with EN ISO 10077-2 Standard

There are two main standards for calculating the thermal transmittance of window frames: TS EN ISO 15099 and EN ISO 10077-2. These standards differ in calculation methods and standard conditions (temperatures, film coefficients). Therefore, there are differences between the frame U values calculated under different standards (Anon., 2014).

As described in EN ISO 10077-2, consists of calculating the frame U factor by replacing the glass with an insulating panel. Section material list and position, and material thermal conductivity values are shown in Figure 2 and Table 1, respectively.

The standard obliges users of the method to verify the calculation programs applied and to perform the calculations given in the examples. Boundary conditions according to EN ISO 10077-2 standard are shown in Table 2.

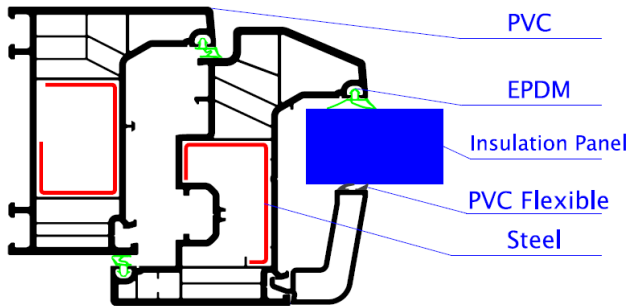


Figure 2. PVC Window Section and Materials

European standard EN ISO 10077-2 provides a numerical calculation method that typically 2D heat transfer programs such as THERM or BISCO to calculate the U-value (U_f) of the frame. In this study, using the EN ISO 10077-2 standard, the thermal performance values of PVC window profiles designed differently from each other were obtained in the BISCO program.

Table 1. Material Thermal Conductivity According to TS EN ISO 1007-2 Standard

Material	Thermal conductivity [W/mK]
PVC Rigid	0.170
Steel	50.000
Insulation panel	0.035
EPDM	0.250
PVC flexible	0.140

Table 2. Boundary Condition According to EN ISO 10077-2 Standard

Boundary	T [°C]	Surface resistance [m ² K/W]
Exterior	0.0	0.04
Interior (normal)	20.0	0.13
Interior (reduced)	20.0	0.2

Results and Discussion

DOE

The selection of a DOE approach relies on the experiment’s goals and the number of factors to be considered (Cavazzuti, 2013). In the present study, the experimental design was done in DOE using full factorial design techniques with MINITAB software. MINITAB software was used to examine the main effect and interaction plots. PVC sections were prepared based on Deceuninck Turkey products by the EN ISO 10077-2 standard. 42 different sections with different properties were drawn for calculations.

DOE which is shown in Figure 3; the dependent variable (response) consists of the analysis result as U_f . The independent variable (factor) was determined as the factors affecting the window frame thermal insulation. These are frame width, number of chambers, number of gaskets, reinforcement height, rebate height, sash rebate type, reinforcement thickness, and glazing thickness. The determined independent variables are classified as levels and described in Minitab software. There are 8 factors affecting the window frame thermal insulation and these factors have different levels, the first of which is the frame width with a length of 60, 70, 80, and 84 mm. In this project, there are 3 and 4 chambers for a 60 mm PVC profile, 5 and 6 chambers for a 70 mm PVC profile, 6 and 7 chambers for an 80 mm PVC profile, and 7 chambers for an 84 mm PVC profile. Requirements in profile design have caused these chamber numbers to be dependent on the frame width.

The levels of the other factors are the number of gaskets (2, 3), the rebate length (20, 25 mm), the reinforcement thickness (1; 1,20; 1,50 mm), the glazing thickness (24, 36, 44 mm) analyzed as variability.

Frame-sash thickness is taken as recess or flat, and reinforcement height is expressed as short or long. The long reinforcement height is defined for reinforcements that fill the reinforcement chamber, while the short reinforcement height defines reinforcements that use part of the reinforcement chamber. Since these lengths change according to the frame width, they cannot be defined numerically.

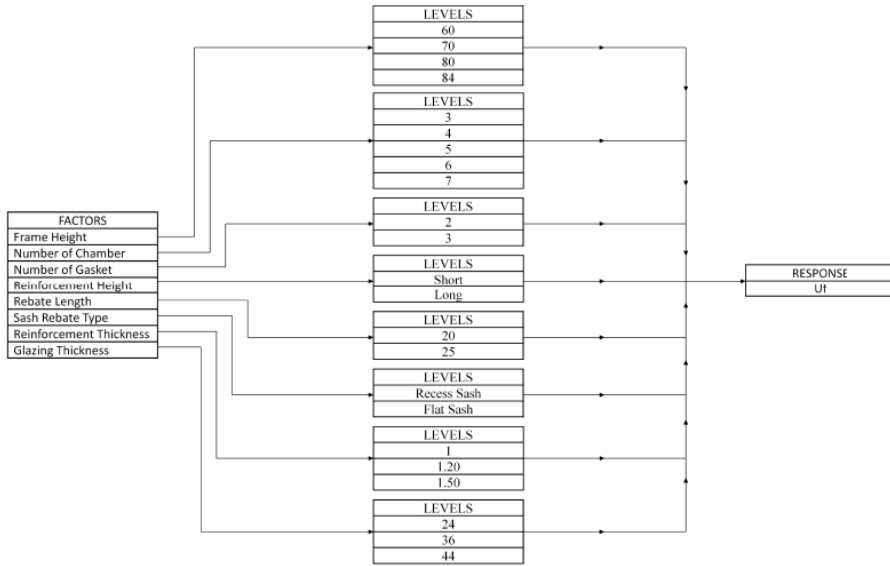


Figure 3. DOE analysis in the study (factors, levels and responses)

The Main Effect Plot U_f

The main effect plot provides information about which are the most influencing factors and the classic relationship between availability, performance, and quality rate (Mathews, 2004).

In this study, the main effect plot describes the relations of levels between factors affecting the window frame thermal insulation. The mean values of test results are shown in Figure 4 the main effect plot. Therefore, these plots provide a good overview of the data.

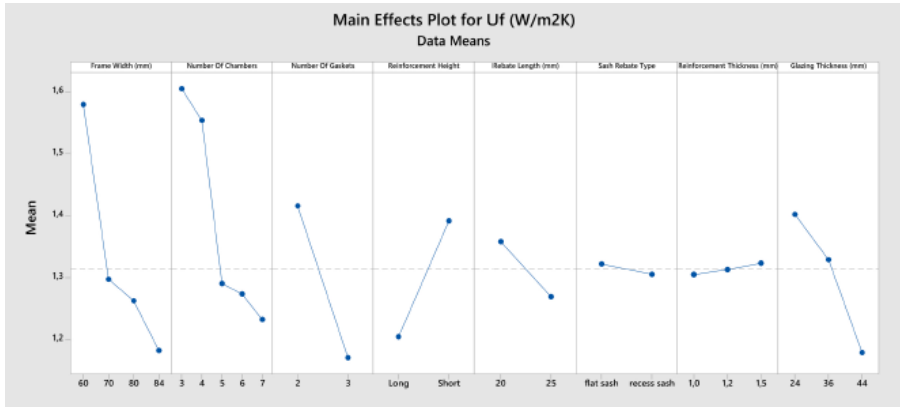


Figure 4. The Main Effect Plot for U_f

U_f examined to focus on thermal conductivity and thermal insulation.

The contents of the results from the DOE results are as follows:

Frame Width Factor

The increase in the width of the frame and sash profiles made it difficult to transfer heat between the two surfaces as the distance between the external environment and the interior environment increased. Therefore, the increase in the width of the frame and sash profiles has been one of the factors that most affect the thermal conductivity value. While the average of the thermal conductivity values of the combinations formed with profiles as short as 60 mm width corresponds to a high value of 1.58 W/m²K, it has been observed that this value drops below 1.18 W/m²K in the frames with a width of 84 mm.

Number of Chambers Factor

Chamber measures have minimum size limits due to mold manufacturing techniques. For this reason, the number of chambers that can be made on profiles is limited according to the measures of the profile. Increasing the number of these chambers filled with air will reduce the chamber measures, thus limiting the circulation of the air inside. Since the circulation has the effect of increasing heat conduction, increasing the number of chambers considerably reduces the thermal conductivity value of the profile.

Number of Gasket Factor

In standard applications, there is one gasket for the frame that contacts/presses the sash. Also, there are two gaskets for the sash that contact/pressure the frame surface and the glazing. In order for the air being able to leak into the house, it is necessary to pass through two sealing elements. In addition to these gaskets, a third gasket that can be added as an option on the frame or sash can be optional to increase heat, air, and water insulation. Due to the necessity of accessory slots in the sections, there is a continuous cavity between the frame and the sash. This continuous cavity creates a weakness in thermal insulation. It has been observed that the third gaskets placed in order to prevent this weakness considerably reduce the thermal conductivity

value. While the average U_f value of the sections without a middle gasket was 1.42 w/m²K, the average U_f value of the sections with a middle gasket was 1.19 w/m²K.

Reinforcement Height Factor

Due to the dependence of the reinforcement height on the profile length, reinforcement heights of different profile dimensions cause many different measurements. Since so many different reinforcement sizes make it difficult to make an inference with DOE analysis, profile-specific reinforcements are designed as short and long. The thermal convection coefficient of steel is 50 W/mK, which is much higher than the 0.17 W/mK value of PVC, the main material of the window. The long-designed reinforcement serves as a thermal bridge between the interior and exterior surfaces of the section. When heat flow lines were examined, it was observed that a large amount of heat flow occurred through the steel material. For this reason, increasing the reinforcement height, or in other words, increasing the amount of steel reinforcement decreased the insulation performance of the window as can be expected.

Rebate Length Factor

Increasing the rebate length affects how far the sash profile presses the glazing throughout the surface. Since the cavity between the glazing and the sash profile is kept constant at 10 mm, as the rebate length increases, the length of the glazing under the rebate profile increases. As an insulation panel with a thermal conductivity value of 0.035 W/mK is defined instead of glazing while performing the calculations as required by the EN ISO 10077-2 standard, the foam length in the section also increases with the increase in the rebate length. For this reason, while the average of the U_f values of the profile sections with 25 mm rebate length is 1.28 w/m²K, the results for the profile sections with 20 mm rebate length are 1.36 w/m²K.

Sash Rebate Type Factor

The difference between the recessed sash and flat sash in the sash rebate type factor was examined. Although the recessed sash is actually a design structure for water tightness, due to the cavity definitions in the EN ISO 10077-2 standard, it causes a slightly ventilated cavity definition in the small area between the frame and the sash rebate. Accordingly, since the heat convection definitions in that region change, the recessed sash reduces the thermal conductivity value, even if it is a very small amount.

Reinforcement Thickness Factor

Reinforcement thickness was calculated for the most common 1, 1.2, and 1.5 mm thicknesses in this study. Since the increase in reinforcement thickness will increase the amount of steel material in the section, a major effect is expected on the thermal conductivity value, just like the reinforcement height factor, but contrary to expectations, a very small change is observed. For this reason, the reinforcement thickness factor can be neglected in terms of thermal insulation properties in a window system to be designed.

Glazing Thickness Factor

When the main effect graphs are examined, another important factor affecting the U_f value is the glazing thickness. Sections with a glazing thickness of 44 mm have an average U_f value of 1.17W/m²K, while sections with a glazing thickness of 36 mm have an U_f value of 1.32 W/m²K, and sections with a glass thickness of 24 mm have a value of 1.4 W/m²K.

Conclusion

In this study, the idea of selecting the main factors improving window thermal insulation performance.

As factors affecting window thermal insulation performance, frame width, number of chambers, number of gaskets, reinforcement height, rebate length, sash rebate type, reinforcement thickness, and glazing thickness were handled with different values and different window types were obtained by performing various combinations.

Considering these criteria, 42 different sections with different properties were drawn for calculations.

Variety has been provided in the window type and the effects of the variations of the factors on the thermal insulation performance have been examined with DOE.

Among these 8 factors, the factors that most affect the U_f value can be considered as frame width, number of chambers, number of gaskets, and glazing thickness. For this reason, when a window design with high thermal insulation is targeted, these determined variables should be given priority. On the other hand, rebate length and reinforcement thickness affected the thermal insulation performance more limitedly compared to other factors. In this study, while the average of all calculation U_f values was 1.32 w/m²K, it was observed that the U_f value was 0.97 w/m²K when the best variable of all factors was selected.

By improving the thermal insulation performance of the windows, the amount of fuel consumed is reduced, thus saving energy and thus, reducing the building's usage cost and environmental pollution.

References

- Anon. (2010). IPOLYMER, 1986. International Polymer Solutions. PVC Properties. Available from: <https://www.ipolymer.com/material-characteristics.html> (Accessed: 2010)
- Anon. (2014). Branch of BC Hosing, 2014. Homeowner Protection Office. International Window Standards Final Report: ISO Standards. Available from: <https://www.bchousing.org/publications/International-Window-Standards.pdf> [Accessed 2014]
- Cavazzuti M. (2013). Optimization Methods from Theory to Design: Scientific and Technological Aspects in Mechanics. Springer, Berlin,
- Cüce PM, Güçlü T, Beşir AB, Cüce E. (2019). Enerji Verimli Binalar İçin Sürdürülebilir ve Çevre Dostu Pencere ve Cam Teknolojileri: Son Gelişmeler ve Uygulamalar. Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 24(3): 503-522. DOI:10.17482/uumfd.562173

Decaestecker TN, Lambert WE, Peteghem Carlos HV, Deforce D, Van Bocxlaer JF. (2004). Optimization of solid-phase extraction for a liquid chromatographic-tandem mass spectrometric general unknown screening procedure by means of computational techniques. *Journal of Chromatography*, 1056: 57–65. DOI: 10.1016/j.chroma.2004.06.010

Gülle P, Gülle İ, Boyacı YÖ. (2016). First Record of the Water Mite *Atractides polyporus* (K. Viets, 1922) (Acari; Hydrachnidia; Hygrobatidae) for Turkey. PhD Thesis. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye.

Hafner RJ, Elmes D, Read D. (2019). Promoting behavioural change to reduce thermal energy demand in households: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 102(2): 205-214. :10.1016/j.rser.2018.12.004

Mathews PG. (2004). *Design of Experiments with MINITAB*. In: Hytinen A. (editor). American Society for Quality Press. Wisconsin, USA. pp.93-95 ISBN 0-87389-637-8.

Schimschar S, Boermans T, Kretschmer D, Offermann M, John A. (2018). Türkiye İçin U-Değerleri Haritaları: Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (EPBD) bağlamında maliyet etkinliğe yönelik karşılaştırmalı metodolojinin uygulanması. *Yalıtım Dergisi*, 22(166): 28- 30.

Soğuk Dövme İle Dışli Soket Üretiminde Tasarım Optimizasyonu

Nurican Elmas¹, İlter Kilerci¹, Osman Çulha²

¹EKO Endüstri Kalıp Otomotiv Plastik ve Spor Aletleri San. Dış Tic. Ltd. Şti.,
Tasarım Merkezi, İzmir-Kemalpaşa Türkiye

²Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve
Malzeme Mühendisliği Bölümü, Manisa, Türkiye

nurican.elmas@ekoendustri.com

ilter.kilerci@ekoendustri.com

Giriş

Plastik şekillendirme, malzemenin kimyasal kompozisyonu ve hacminde değişiklik yapmadan, malzemeye farklı geometri kazandırma yöntemidir. Bu yöntem, demir dışı metallerin yanı sıra alaşımli çelikler ve karbon çeliklerini de şekillendirebilmektedir (Çapan 1996). Katı halde bulunan metalin uygulama sıcaklığına bağlı olarak soğuk ılık ve sıcak şekillendirme işlemleri uygulanmaktadır. İş parçasının kalıbın içine yüksek pres kuvvetiyle sıkıştırılarak kalıp formunu aldığı bu şekillendirme işleminde üstün malzeme özellikleri ve dar geometrik toleranslar sunulması soğuk dövme yöntemiyle üretilen parçalara maliyet kazançları sağlamaktadır. Soğuk şekillendirme işleminde kalıp geometrisine ve sürtünme kuvvetine bağlı olarak dövme kuvveti değişmektedir. Neredeyse tüm çelik soğuk dövme işlemlerinde ara yüzey işlem olarak adlandırılan çinko fosfat üzerine sabun yağlama sistemi kullanılmaktadır. Bu yağlama sistemine ait kimyasalların imha edilmesinin zorluğu ve zararlı çevresel etkilerinin olduğu bilinmektedir (Gariety 2007). Bunun yanında artan müşteri siparişlerinin kapasitesi kimi zaman dövme işletmelerinin dar boğazlara maruz bırakıldığı rekabet ortamında gözlemlenmiştir. Soğuk dövme üretim hızının yüzey kaplama hızını geçtiği ve işletme üretim verimliliğini ciddi olarak etkilediği bu durumlarda ara yüzey kaplama operasyonlarının geliştirilen yüksek verimlilik dövme presleri sayesinde ara operasyonların dövme esnasında malzemenin kendi artan sıcaklığıyla yok sayılabileceği görülmüştür.

Literatür araştırması yapıldığında ara yüzey kaplamaları üzerine önemli çalışmaların olduğu görülmüştür. Yüzey kaplama işlemlerinin amacı düşük sürtünme kat sayısı ile artan şekillendirme kuvvetlerinin kalıp bileşenlerine ve malzeme üzerindeki çatlak ve katlanma gibi istenmeyecek deformasyonların ortadan kaldırılmasıdır. Gariety ve arkadaşları çalışmalarında standart çinko fosfat bazlı yüzey kaplama sistemine alternatif olacak 3 farklı yağlayıcı geliştirmiştir (Gariety 2007). Ngaile ve arkadaşları tarafından ise gerçekleştirilen çalışmalarında polimerik malzemeler kullanılarak metal şekillendirmede yeni bir yağlayıcı geliştirmişlerdir (Ngaile 2007).

Soğuk dövme deformasyon miktarına bağlı olarak ara şekillendirme operasyonları ile birlikte nihai ürünün ortaya çıkarılma işlemidir. Ham madde malzemesinde değişiklik yapılmadan

sadece üretim yönteminde ve deformasyon miktarlarında değişiklik yapılarak ara şekillendirme operasyonları azaltılabilmektedir. Araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin en önemli noktası tasarımın doğrulandığı ve hatta daha yüksek performanslı modellerin geliştirildiği simülasyon faaliyetleri sayesinde oluşmaktadır. Şekillendirme proseslerinin gerilme ve strain değer dağılımları, kalıntı gerilmeleri ve sıcaklık değişimleri gibi birçok parametre değerlerinin simülasyon yazılımları sayesinde gerçek üretim öncesinde saptanabilmektedir. Simülasyon faaliyetleri esnasında ürünün son geometrisi baz alınarak Ara geçiş kesit değişimleri gerçekleştirilebilmektedir. Kalıpların yüksek maliyetleri sebebiyle gerçek üretim öncesinde tasarlanan bileşenlerin üretimi gerçekleştirip gerçekleştirilemeyeceği kalıpların performansları deneme üretimleri yerine sonlu eleman analizleri yazılımlarına bağlı kalarak önceden olası durumların fark edilebilme gibi önemli avantajları vardır (Witt, 2011) (Knoerr vd., 1992).

Çalışma kapsamında işletme içerisindeki hatlar arasında meydana gelen kapasite ve hız farkının yaratmış olduğu darboğazlar yatırımı gerçekleşen yüksek verimlilikli mekanik tandem prensesine adaptasyon ile birlikte ara yüzey hazırlık operasyonları ortadan kaldırılmıştır. Kesit değişimleri tekrardan incelenerek % deformasyon miktarına bağlı kalarak operasyon tasarımları yeniden gerçekleştirilmiş adaptasyon öncesi 5 dövme ve 1 delik delme operasyonu adaptasyon sonrası 4 dövme ve 1 delik delme operasyonuna indirgenmiştir. Yapılan adaptasyonun deneme üretimi öncesi teorik ve simülasyon destekli yazılım yardımıyla tespit edilmiş ve gerçek zamanlı üretimler ile doğrulanmıştır. Gerçekleştirilen deneme üretimi sonucunda dar boğazların ortadan kaldırıldığı ve nihai ürün mekanik performanslarının geliştirildiğine yönelik test ve doğrulama faaliyetleri yürütülmüştür.

Materyal ve Metot

Bu çalışmada şekillendirme iş parçası ham maddesi olarak Tablo 1-3’te kimyasal kompozisyonu ve mekanik özellikleri gösterilen Cq10 düşük karbon ulaşımla çelik kullanılmıştır. Hammadde mekanik mukavemet değerlerinin doğrulanması amacı ile ham maddeden üretilen çekme numuneleri ve ham madde üzerinden sertlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sertlik testi için, yüzey hazırlama işlemlerinin ardından HB sertlik cihazı ile test gerçekleştirilmiştir. Sertlik ölçüm sonuçları Tabur eşitliği kullanılarak teorik çekme mukavemeti hesaplanmış, çekme testinin sonucunda elde edilen gerçek çekme mukavemet değerleri ile karşılaştırılmıştır (Tabor D 1951).

Tablo 1. Kimyasal Kompozisyon (Kütlerce %)

Hammadde										
Elementler	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Al
Cq10	0,08	0,15	0,25	<0,02	< 0,02	-	-	-	-	<0,03
	0,12	0,35	0,5							

Tablo 2. Hammadde Sertlik Testi ve Teorik Çekme Mukavemeti Değerleri

Ölçüm Noktası	Sertlik Değeri (HB)	Çekme Mukavemeti MPa (Teorik Hesaplama)
1	110,6	382,7
2	115,4	399,3
3	110,7	383,0
4	111,6	386,1
5	111,1	384,4
6	111,9	387,2
7	110,9	383,7
8	111	384,1
9	109,8	379,9
Sonuçlar	Ortalama	385,60

Tablo 3. Hammadde Çekme Mukavemeti Değerleri

Numune Numarası	Çekme Mukavemeti MPa
1	407,8
2	405,6
3	407,3
4	405,4
Ortalama	406,53

Gerçekleştirilen teorik ve gerçek mukavemet değerleri karşılaştırıldığında %94,85 oranında örtüşmektedir.

Operasyon tasarımları optimize edilirken, Denklem 1-5’te verilen formüller kullanılmıştır.

$$L = \frac{\pi}{4} d_1^2 \sigma_f \left(1 + \frac{m d_1}{3\sqrt{3}h_1} \right) \quad (1)$$

$$\bar{\varepsilon}^0 = \varphi = \ln \left(\frac{h_0}{h} \right) \quad (2)$$

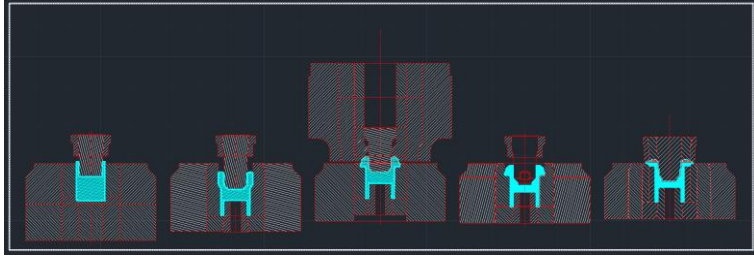
$$s = \frac{h_0}{d_0} \quad (3)$$

$$e = \frac{\Delta h}{h_0} \quad (4)$$

$$r = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \quad (5)$$

Denklem 1, kafa şişirmede etkiyen yük, denklem 2 eş değer plastik genlemeler, denklem 3 şişirme oranı, denklem 4 bağıl yükseklik azalması ve denklem 5 reduksiyon oranı sonuçlarını vermektedir (Altan, T. 1996).

Optimizasyon öncesi dövme operasyonları Şekil 1’de görüldüğü gibi 5 dövme operasyonu şeklindedir.

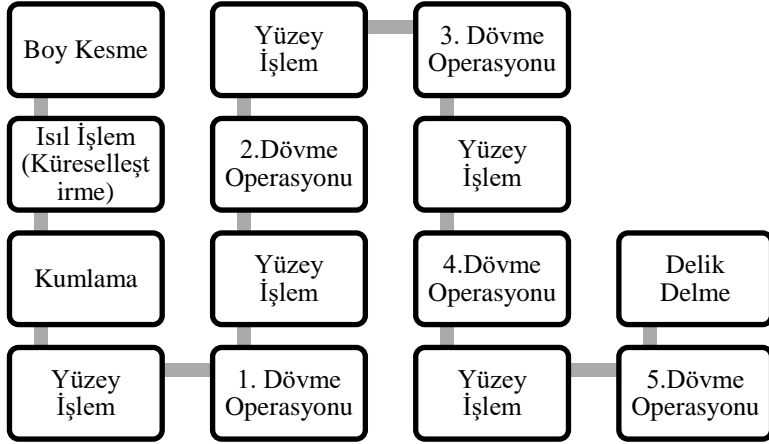


Şekil 1. Optimizasyon öncesi dövme operasyonları

Şekil 1’de verilen layout çıktı numuneleri Şekil 2’de verilmiştir. Dövme operasyonları öncesinde gerçekleştirilen ara yüzey işlem operasyonları darboğazlara sebep olmuştur.

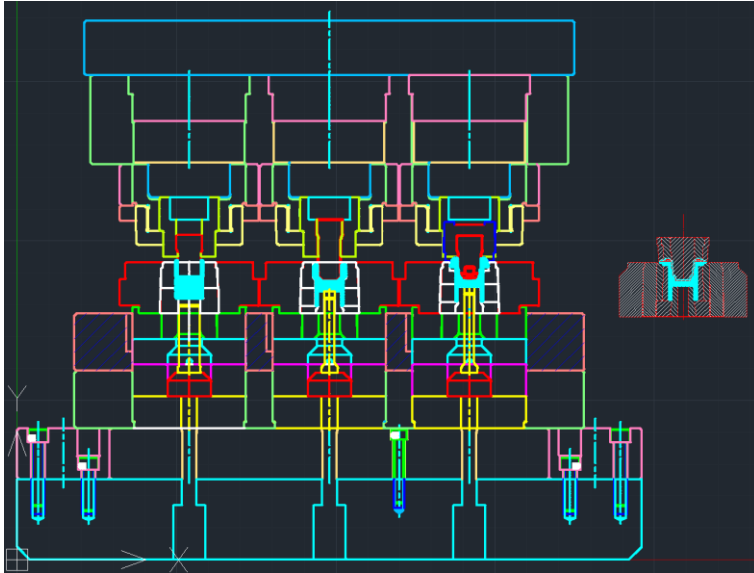


Şekil 2. Optimizasyon öncesi dövme operasyon numuneleri



Şekil 3. Optimizasyon öncesi iş akışı

Optimizasyon öncesi iş akışı Şekil 3’te paylaşıldığı üzere, 1 küreselleştirme tavlama, 1 kumlama operasyonu, 5 yüzey işlem operasyonu, 5 dövme operasyonu ve 1 delik delme operasyonu ile toplam 14 operasyon ile sonuçlanmaktadır.



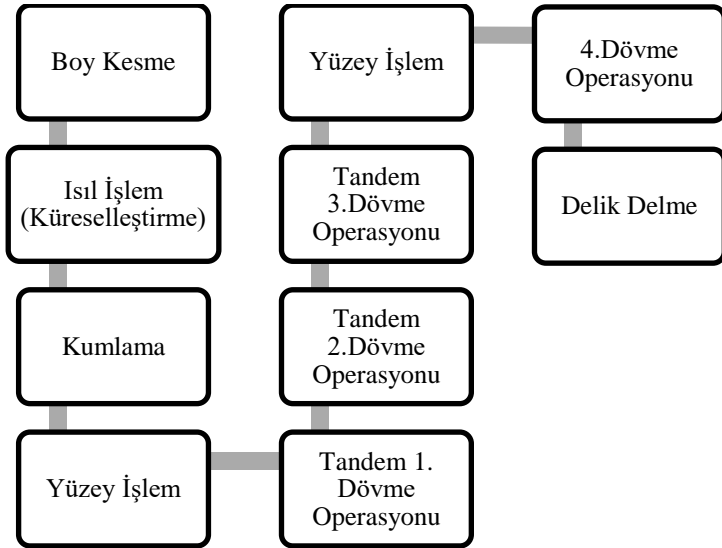
Şekil 4. Optimizasyon sonrası tandem mekanik pres layout

Yapılan optimizasyon çalışması sonrasında, tandem mekanik pres yardımıyla Şekil 4’te gösterilen layout ve Şekil 5’te verilen numuneler ile üretimin gerçekleştirilebileceği görülmüştür.

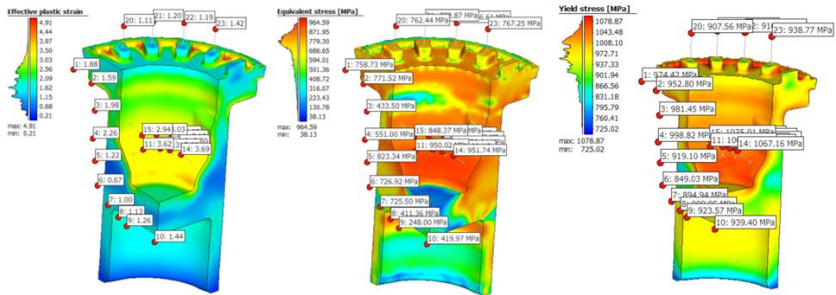


Şekil 5. Optimizasyon sonrası dövme operasyon numuneleri

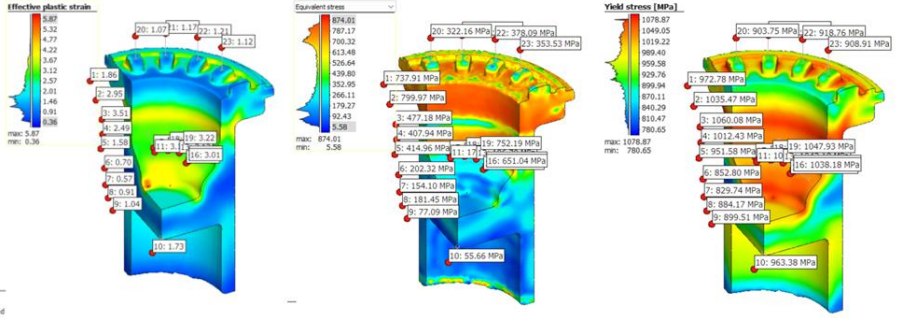
Optimizasyon öncesi iş akışı Şekil 6’da paylaşıldığı üzere, 1 küreselleştirme tavlaması, 1 kumlama operasyonu, 2 yüzey işlem operasyonu, 4 dövme operasyonu ve 1 delik delme operasyonu ile toplam 10 operasyon ile sonuçlanmaktadır.



Şekil 6. Optimizasyon sonrası iş akışı



Şekil 7. Optimizasyon öncesi nihai ürün simülasyon çıktıları

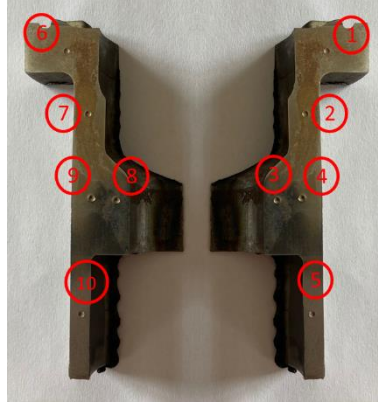


Şekil 8. Optimizasyon sonrası nihai ürün simülasyon çıktıları

Şekil 7-8’de görüldüğü gibi son ürün geometrileri aynı kalarak tasarım çalışmaları tamamlanmıştır. 5 dövme operasyonu ve 1 delik delme operasyonu ile tamamlanan proses, 4 dövme operasyonu ve 1 delik delme operasyonu ile sonuçlanmıştır. % deformasyon miktarındaki değişiklikler simülasyon çıktılarından da görülmektedir. Starin değeri optimizasyon öncesi maksimum 4.91 iken, optimizasyon sonrası 5.87’ye çıkmış, parça akma mukavemeti ise, 850 MPa - 970 MPa aralığından, 900 MPa – 1060 MPa seviyelerine çıkmıştır. Simülasyon sonuçları, tahribatlı muayene yöntemlerinden olan sertlik ölçümü ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 4. Optimizasyon öncesi sertlik sonuçları

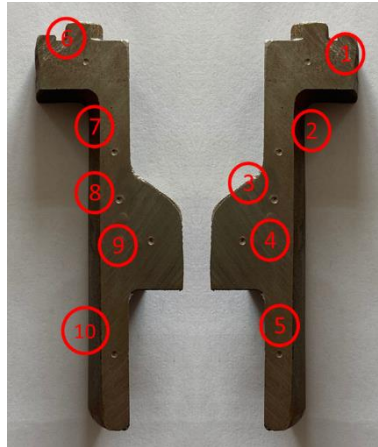
Sertlik Sonuçları HB	
1- 198	6- 193,8
2- 187,2	7- 190
3- 170,6	8- 169,4
4- 162,3	9- 159,5
5- 181,2	10- 185,2
Ort.	179,72



Şekil 9. Optimizasyon öncesi sertlik

Tablo 5. Optimizasyon sonrası sertlik sonuçları

Sertlik Sonuçları HB	
1- 221	6- 217,3
2- 208,7	7- 200,3
3- 208,2	8- 203,4
4- 199,8	9- 196,4
5- 195,3	10- 193,9
Ort.	204,43



Şekil 10. Optimizasyon sonrası sertlik

Bulgular ve Tartışma

Global pazarda, küresel ve tek tedarikçisi olunan dişli soket ürünün pandemi sonrasında karavan talebinin artması sonucunda müşteri siparişlerinin 80.000 adet/ay olarak oluşturulması sebebiyle dişli soket ürünü mevcut üretim prosesi ele alınarak gözden geçirilmiştir. Bu bağlamda, malzemenin dövülebilirliği tekrar gözden geçirilerek; mevcut dişli soket üretiminde proses optimizasyonu geliştirilerek 4 dövme operasyonuna düşürülmüştür. Tandem dişli prosesi ile birlikte mevcut dişli soket üretiminde ara hazırlık operasyonları ortadan kaldırılmış ve 1 dövme operasyonu düşürülmüştür. Mevcut üretim numunesine kıyasla, tandem dişli prosesi ile üretilen parçanın sertlik değerleri incelendiğine %15 oranda sertlik değerlerinde artış sağlanmıştır. İşletme içerisinde kapasite ve hız farkının meydana getirdiği yüzey işlem operasyonuna ait darboğazların ortadan kaldırılmasına olanak sağlamıştır. Yüzey işlem kapsamı olan düşük sürtünme, dövme operasyonu doğasında oluşan parçanın dövme kuvvetleri ile ısınması ve şekil alabilirliğini kolaylaştırması ile birlikte ara yüzey kaplama operasyonları ortadan kaldırılmıştır. Optimizasyon öncesinde, yüzey işlem-dövme operasyonları-delme operasyonu 58,24 sn/adet iken, optimizasyon sonrası yüzey işlem-tandem dövme operasyonları-delme operasyonu 30,95 sn/adet seviyelerine düşürülmüştür. Bu sayede üretim verimliliği %88 arttırılmıştır. Gerçekleştirilen optimizasyon sonrası nihai ürünün mekanik performansı %15 iyileştirilmiştir.

Kaynakça

- Altan, T., O’Connell, M., Painter, B., Maul, G., (1996). Flashless Closed-Die Upset Forging-Load Estimation for Optimal Cold Header Selection, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol 59, No. 1–2, May 1996, p 81–94
- Çapan, L. (1996). Plastik Şekil Verme, TMMOB Makine Mühendisliği El Kitabı, 2, 170, pp.32-61.
- Gariety, M., Ngaile, G., Altan, T. (2007). Evaluation of New Cold Forging Lubricants without Zinc Phosphate Precoat, *Int. J. Mach. Tools Manuf.*, vol. 47, no. 3–4, p. 673681.
- Knoerr, M., Lee, J., Altan, T. (1992). Application of the 2D finite element method to simulation of various forming processes, *Journal of Materials Processing Technology*, 33, pp.31–55.
- Ngaile, G., Cochran, J., Stark, D. (2007). Formulation of Polymer-Based Lubricant for Metal Forming, *Proc. Inst. Mech. Eng. Part B J. Eng. Manuf.*, vol. 221, no. 4, p. 559568.
- Tabor D (1951) *The hardness of metals*. Clarendon Press, Oxford
- Witt S. (2011). *Basic Knowledge: Forgings–Significance, Design, Production, Application*, German Association of the Forging Industry, Almanya.

Islak Mendil Paketleme Makinesi Ön Isıtma Sisteminin Sonlu Elemanlar Analizi ve Optimizasyonu

Oğulcan Söğüt¹, Y.Yağız Şimşek², Onur Çimen³,H.Berkay Özberksoy⁴, İ.Etem Saklakoğlu⁵

¹⁻²⁻³ KANSAN Ar-Ge Merkezi, İzmir, Türkiye

⁴⁻⁵ Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

¹ogulcansogut@kansanmak.com

²yagizsimsek@kansanmak.com

³onurcimen@kansanmak.com

⁴hayriberkayozberksoy@gmail.com

⁵i.e.saklakoğlu@ege.edu.tr

Giriş

Isıl mühürleme, kapama yöntemi son 60 yıldır Dünya üzerinde çok çeşitli alanlarda faaliyetini sürdürmektedir. Isıl kapama teknolojisi, önceden ısıtılmış ve sterilize edilmiş gıdaları, bakım ürünlerini, enjekte edilebilir ve ağızdan alınan ilaçları, atıştırmalıkları, temizlik malzemelerini, elektronik ve hassas makinelerin bileşenlerini paketlemek için kullanılır. Dünyada bu paketlenmiş ürünler her gün büyük bir insan kitlesi tarafından kullanılmaktadır. Günümüzde yüksek bir ivme ile gelişen teknolojiye bağlı olarak ve pandemi döneminin de azımsanmayacak etkisi ile gıda ve hijyen sektörleri başta olmak üzere paketleme makinelerinin önemi artmıştır. Artan talepleri karşılayabilmek için firmalar arasındaki rekabet ortamı da kızışmaktadır. Oluşan talebin karşılanması için üreticileri sürekli gelişime açık olamaya ve yenilikler geliştirmeye itmektedir. Paketleme makineleri günümüzde herhangi bir ürünün bile bir paketin içerisinde satılmasından ötürü son derece talep gören makinelerin başında geldiği söylenebilir. Paketleme makineleri seri üretim çalışan firmalar tarafından tercih edilmektedir ve genelde de gıda ve hijyen ürünlerinin paketlenmesinde kullanıldıkları için başta paketleme kalitesi sonrasında da makinelerin dakikada çıkarttıkları paket adetleri son derece önemlidir.

Ambalajla birlikte halka sunulan ürünlerin paketleri, insan sağlığına direkt zarar verme olasılığına karşı, son derece hassas davranılarak, düşünülerek ve paketleme kalitesi dikkate alınarak üretilmesi gerekmektedir. Paketleme kalitesi; paket sızdırmazlığı, raf ömrü ve paketlerin dayanımı gibi etmenlere bağlı olmaktadır. Paketleme kalitesi aynı zamanda

paketleme makinesinin de kalitesini ve bir anlamda güvenilirliğini önemli ölçüde gösterebilmektedir.

Firmamızda da üretimi yapılan paketleme makinelerinde bir iyileştirme yapılması kararlaştırılmıştır. Optimizasyona ihtiyaç duyulmasının nedenlerinden biri olan; yüksek hız ve sıcaklık ile çalışmasından ötürü, disk ünitesinde bulunan ‘ön ısıtma grubun’ isimli parçaların, müşteriler tarafından kısa sürelerde sipariş edilmesidir.

Ön ısıtma lamaların üzerindeki sıcaklığın malzeme boyunca homojen dağılması, ürün temas süresini dengeler. Bunun yanında yine homojen ısı dağılımı gösteren parça paketi daha iyi yapıştırarak, fire verilecek ürün adedini de düşürecektir. Bu sayede müşteri taleplerini karşılamak daha kolay olmakla birlikte sektördeki rakiplerin önüne geçilmesine direkt olarak katkı sağlayacaktır. Optimizasyonun hedefi olarak, hali hazırda makinelerimizde kullanılan sertleştirilmiş ve ısı işlem uygulanmış 1040 çelik malzeme yerine 1010 çelik malzemenin öncelikle analiz, sonrasında sahadaki testler sonucunda, daha hızlı ve daha kaliteli paketleme yapabilmek için optimum malzemenin kullanılabilmesi amaçlanmıştır.

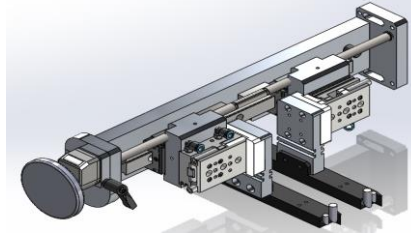
Materyal ve Yöntem

Materyal

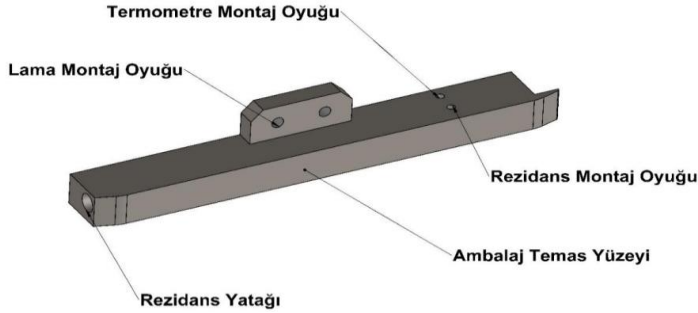
Şekil 1 de görülen paketleme makinesinin optimizasyon yapılacak bölümü disk ünitesine bağlı olan ön ısıtma grubu Şekil 2 de görülmektedir. Bu ünite de bulunan lamaların homojen bir şekilde ısı dağılımına sahip olması istenmektedir. Bunun sebebi bu gruptan sonra gelen disk ünitesindeki mühürleme kısmına ön ısıtma ile yardımcı olmasıdır. Homojen ısı dağılımına sahip bir disk ünitesinden çıkan paketlerin paketleme kalitesini daha yüksek seviyeye çıkaracaktır. Ön ısıtma grubunda bulunan lama Şekil 3 te görülmektedir. Bu yüzden seçilen malzemeler, sıcaklık etkisi altında ve yüksek hızla çalışmalarda dayanıklı olmalı aynı zamanda homojen bir ısı dağılıma sahip olmaları gerekmektedir.



Şekil 1. Paketleme makinesi görüntüsü



Şekil 2. Ön ısıtma grubu görüntüsü



Şekil 3. Ön ısıtma lamasının görüntüsü

Bu analizde seçilen malzemeler makinelerde hali hazırda kullanılmakta olan 1040 çeliği ve 1010 çeliğidir. Seçilmiş olan iki metalde yüksek ısı iletim katsayısına ve yüksek mukavemet değerlerine sahiptir. Tablo 1 de iki malzemenin mukavemet ve ısı iletim katsayısı değerleri gösterilmektedir.

Tablo 1. 1040 çeliği ve 1010 için malzeme özellikleri tablosu

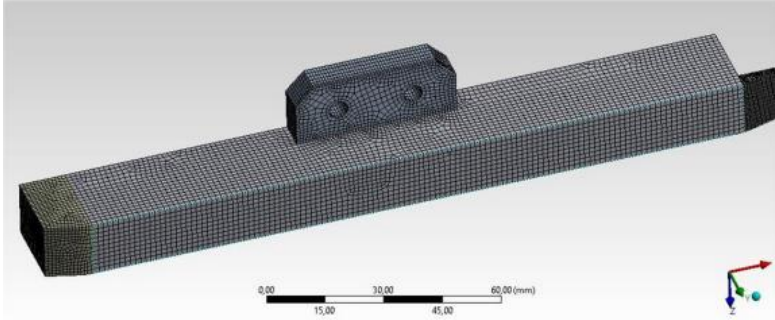
Malzeme adı	Yoğunluk (kg/m^3)	Termal Genleşme Katsayısı (C^{-1})	Termal İletkenlik ($W.C^{-1}.m^{-1}$)	Özgül Isı ($J.kg^{-1}.C^{-1}$)
1040 çeliği	7845	1,15E-05	51,7	470
1010 çeliği	7872	1,35E-05	45	448

Yöntem

Seçilmiş olan malzemelere uygulanan simülasyonun yöntemi sonlu elemanlar analizidir. Ön ısıtma lamasının üç boyutlu katı modeli ANSYS programında taratılarak öncelikle ısı dağılım analizi sonrasında da, aynı sıcaklık koşulları altında lamaların yorulma analizi yapılmıştır. Katı modelin mesh atılmış görseli Şekil 4 te görülmektedir. Analizin mesh bölümünde 229541 düğüm noktası ve 238445 eleman kullanılmıştır.

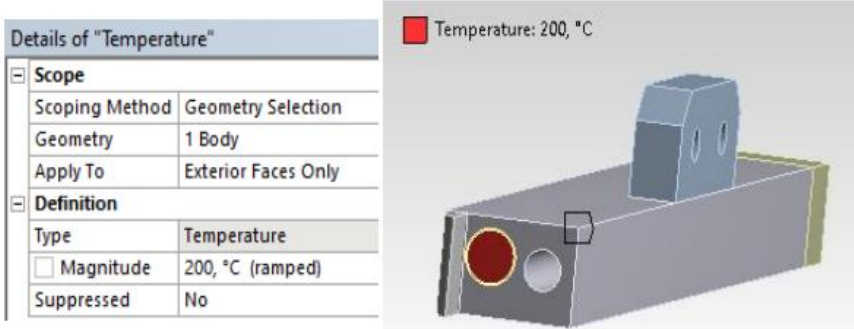
Mesh kalitesinin kontrolü için “element quality” dikkate alınmıştır. Bu metot mesh elemanlarının kenar uzunluklarının ve hacimleriyle olan ilişkisini ele alır. Aşağıdaki şekilde de

görüldüğü gibi en kötü mesh kalitesi 0,38 civarında seyretmektedir. Analizin doğru sonuçlar verebilmesi için mesh kalitesi önemlidir. Bu skalada ise 0,2'nin üstündeki her değer kabul edilebilir derecede makuldür. Lamanın mesh bölümündeki görüntüsü Şekil 4'te görülmektedir

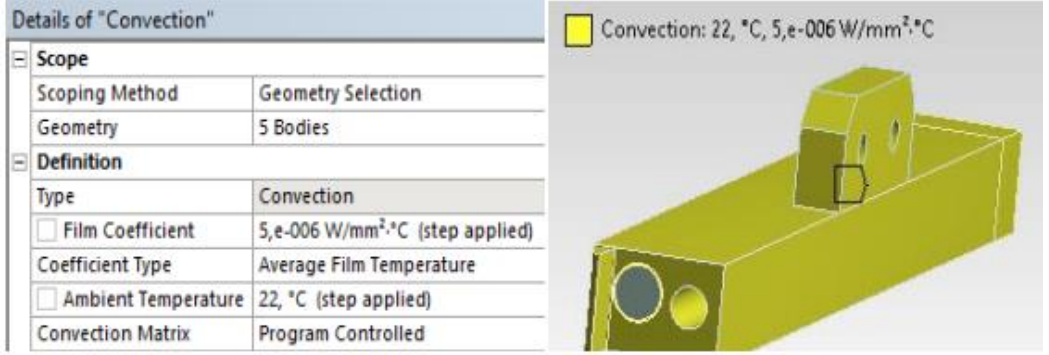


Şekil 4. Lamanın Mesh Bölümündeki Görüntüsü

Rezistansın dış yüzeylerinden 200°C'lik bir sabit sıcaklık verilmiştir. Bu değer, sonraki analizler için değiştirilecektir. Taşınım değeri içinde bulunduğu akışkana bağlıdır. Bütün analizlerde bu değer 22°C'lik basit bir hava ortamı için atanmıştır. Zamana bağlı bütün analizlerde 240 saniyelik bir zaman dilimi incelenmiştir. Bu değere deneme yanılma yolu ile karar verilmiştir. Analizler 5'er saniyelik adımlarla yapılmıştır. Böylece uzun ve gereksizce fazla veri içeren analizlerin önüne geçilmiştir. Analiz sıcaklık girdisi Şekil 5'te ve analiz taşınım girdisi Şekil 6'da görülmektedir



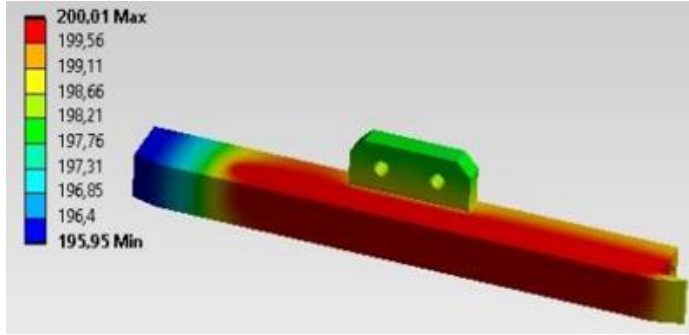
Şekil 5. Analiz Sıcaklık Girdisi



Şekil 6. Analiz Taşınım Girdisi

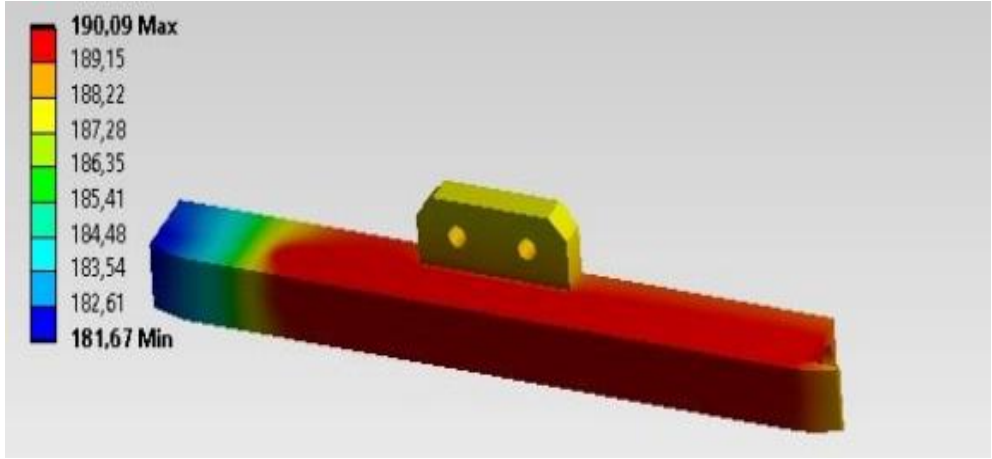
Bulgular

Bu analizde ısıtıcı parça dikkate alındığında gövde geneli gerçekleşecek ısıl yayılım incelenmiştir. Örnek olarak rezistansın 200 °C verdiği kabulü yapılmıştır. Şekil 7’de mühürlenecek ambalajın ilk temas ettiği bölge, rezistans sıcaklığından yaklaşık 5 °C düşük çıkmaktadır.



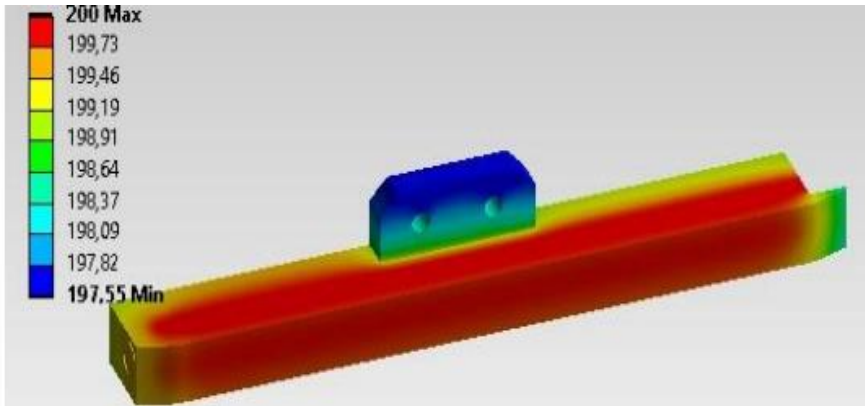
Şekil 7. Durağan Hal Isıl Dağılım Analizi No1 (1040 Çeliği, 200 °C)

1040 çeliği ile yapılan işlemler aynı şekilde 1010 çeliği için tekrar edilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere uç sıcaklık değerleri arasında 9°C’lik bir fark oluşmuştur. Analiz görüntüsü Şekil 8’de görülmektedir.



Şekil 8. Zamana Bağlı Isıl Dağılım Analizi No8 (1010 Çeliği, 190 °C)

Analizin bu aşamasında bir takım tasarım değişikliklerine gidilmiştir. 154mm boy uzunluğu olan rezistans, 180mm ile değiştirilmiştir. Bu durum gövde boyu büyük sıcaklık farklarının önüne geçecektir. Buna ek olarak 1010 çeliğin ısıl dengeye daha kolay ulaşmasını sağlayacaktır. Analiz görüntüsü Şekil 9’da görülmektedir.



Şekil 9. Durağan Hal Isıl Dağılım Analizi No11 (1010 Çeliği, 200 °C)

Sonuçlar

1010 çelik hammaddeli 180mm rezistans uzunluğuna sahip olan lama, teflon kaplamaya ihtiyaç duymadan uygun ısıl yayılımı sağlamaktadır. Optimize edilen lama termal dengeye ilk halinden çok daha hızlı ulaşmaktadır. Lamanın mevcut durumu ve optimize edilmiş hali termal gerilmelere yüksek bir güvenlik kat sayısı ile dayanmaktadır. Mevcut durumda termometreden

ölçülen değer ile temas yüzeyi arasında yaklaşık 2-3°C’lik farklar mevcuttur. Bu farka teflon kaplamanın etkileri de eklendiğinde 7-8°C’ye kadar çıkabilmektedir.

Bu bağlamda yeni makinelerde 1010 çelik malzeme kullanılması daha efektif ve uzun ömürlü parçaların makineye kazandırılması ile mevcut olan makinelerin kalitesini arttıracaktır. Ambalaj tiplerine göre ve ambalajın yapışma durumu göz önüne alındığında yine de teflon kaplama uygulaması yapılmalıdır. Bunun yanında paketleme kalitesini de arttırarak makinenin daha hijyenik ve güvenli ürünler çıkarmasına yardımcı olacaktır. Çünkü daha homojen ısı dağılımı, daha yüksek paketleme kalitesini beraberinde getirecektir. Daha yüksek paketleme kalitesi ile de fire verilen ürün miktarı da dolayısı ile düşecektir.

Teşekkür

Çalışma boyunca göstermiş oldukları katkı ve yardımlardan dolayı tüm Kansan Makine Kağıt. San. ve Tic. A.Ş. ekibine teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynakça

Anon. (2015). Properties and Selection: Irons, Steels, and High-Performance Alloys, ASM International, <https://doi.org/10.31399/asm.hb.v01.9781627081610>

Aytaç, A., Işık, M.S., Çanakçı, B., Özdemir, T., Aztekin, K., İpek, H., (2018). AISI 1008 1040 ve 4140 Çeliklerinde Isıl İşlem, Karbon Oranı ve Alaşım Elementlerinin Mikroyapı ve Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi, The Journal of Defense Sciences Kasım/Nov 2018, Cilt/Volume 17, Sayı/Issue 2

Hishunuma, K. (2007). Heat Sealing Technology and Engineering for Packaging, DEStech Publications, Inc, 2009 - 251 s.

Moaveni, S. (2002). Engineering Fundamentals, an Introduction to Engineering, Pasific Grove. Cengage Learning, 702 s.

Moaveni, S. (2015). Finite Element Analysis: Theory and Application with ANSYS, Global Edition, Pearson.

Pramanik, A. (2015). Stainless Steel: Microstructure, Mechanical Properties and Methods of Application, Nova Publishers,

Xiaolin Chen, Y.L. (2015). Finite Element Modeling And Simulation, CRC Press, 411 s.

İnce İzotropik Çelik Plakaların Sonlu Elemanlar Metodu ile Çatlak Analizinin Doğal Frekansa Etkisi

Özgür Sayer, Erhan Özkan, Berna Gül

Dikkan, Ar-Ge Merkezi, İzmir, Türkiye

ozgur.sayer@dikkan.com, erhan.ozkan@dikkan.com, berna.gul@dikkan.com

Giriş

Son yıllarda, teknolojinin gelişmesiyle birlikte otomotiv, havacılık ve denizcilik gibi üretim sektörlerinde kullanılan yapıların kolay incelenmesi açısından yapıların malzeme özelliklerinin ve çeşitli koşullarda göstereceği dayanımın bilgisayar destekli programlarla analiz edilmesi önem kazanmıştır. Bu üretim sektörlerinde kullanılan yapıların bir kısmını ince izotropik çelik plakalar oluşturmaktadır. İzotropik bir malzeme tüm yönlerde aynı özelliklere sahiptir (Kaw, 2005).

Rao (2011) nun tanımlamasına göre bütün cisimler doğal frekansa sahiptir. Bir cismin sadece esnekliğine ve kütesine bağlı olan frekansa doğal frekans denir. Bir cismin doğal frekansıyla aynı frekansta uyarılması sonucunda ortaya çıkan fiziksel olaya ise rezonans denir. Rezonansa girmiş bir cisim sürekli olarak genliği artacak şekilde sonsuza kadar titreşir (Rao, 2011).

Rezonansa giren, sonsuza kadar titreşen yapılar belli süre sonra titreşime dayanamayıp yıkılmaktadır. Bu sebeple rezonansı meydana getiren, doğal frekansın doğru bir şekilde hesaplanması büyük önem taşımaktadır. Bolotin (1964) izotropik plakalardaki doğal frekansını incelemiştir. Önce Kirchhoff teorisi ile izotropik plakayı oluşturmuş, daha sonrasında Mathieu-Hill diferansiyel denklemlerini baz alarak ve çeşitli sınır şartlarını kullanarak izotropik plakanın doğal frekansını incelemiştir.

Yapıların kullanım ömürleri süresince güvenli bir şekilde işlevlerini yerine getirmeleri istenmektedir ancak zamanla yapılarda darbe ya da yorulma kaynaklı çatlaklar oluşabilir. Çeşitli nedenlerle yapılarda meydana gelen çatlaklar en çok karşılaşılan hasar tiplerindedir. Yapıda meydana gelen bir çatlağın, yıkıcı hasarlara neden olduğu çok iyi bilinen bir gerçektir. Bu nedenle çatlakların önceden tespit edilmesi, oluşabilecek muhtemel hasarların önüne geçilmesi açısından büyük önem taşımaktadır ve önemli mühendislik problemlerinin başında gelmektedir (Mazanoglu vd., 2009). Yapıda görülen çatlaklar, malzemenin ilk durumuna kıyasla, rijitliğinde değişime neden olur, bu değişim aynı zamanda malzemenin dinamik davranışını da etkiler. Malzemenin dinamik karakteristiklerinde meydana gelen bu değişikliklerle, hasarın ya da kusurun büyüklüğünün ve konumunun tespit edilmesi mümkündür (Pirner ve Urushadze, 2004). Yapısal bir elemanda çatlak bulunması, onun titreşim yanıtını etkileyen yerel bir esneklik oluşturmaktadır. Çatlağın bulunması, yalnızca yapının rijitliğinde yerel bir değişime neden olmakla birlikte tüm yapının mekanik davranışının önemli ölçüde etkilenmesine neden olmaktadır. Bu durumda sistem, doğrusal olmayan bir davranış göstermektedir (Dimarogonas, 1996). Yapılarda çatlaklarının bulunması, yapının dinamik davranışının doğrusal olmayan şekilde değişmesine ve yapısal sönümlemenin etkilenmesine neden olmaktadır. Ayrıca, bu gibi

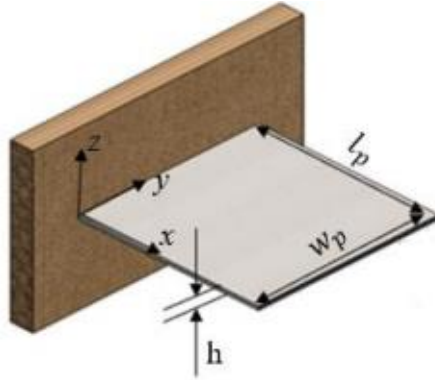
titreşim hareketi yapan sistemlerin en belirgin özelliği, sistemin titreşim cevabında süperharmonik rezonansların görülmesidir (Rezaee ve Hasanejad, 2010).

Materyal ve Metot

İzotropik malzemeler tüm yönlerde aynı özelliklere sahiptirler. Gerinim-gerilim ilişkisini, Genel Hooke kanunu ile aşağıdaki formül ile tanımlayabiliriz.

$$\begin{bmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \epsilon_z \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E} & -\frac{\nu}{E} & -\frac{\nu}{E} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\nu}{E} & \frac{1}{E} & -\frac{\nu}{E} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\nu}{E} & -\frac{\nu}{E} & \frac{1}{E} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \\ \tau_{xy} \end{bmatrix}$$

Kirchhoff’un ince plaka teorisi kullanılarak, bir yerinden sabitlenmiş ince izotropik çelik plaka oluşturulmuştur. Plakanın, ince plaka olması için Kirchhoff’un ince plaka teorisine göre $h/\min(l_p, w_p) < 1/10$ kuralını uyması gerekmektedir. İnce izotropik çelik plakayı oluştururken bu kurala uyulmuştur (Şekil 1).

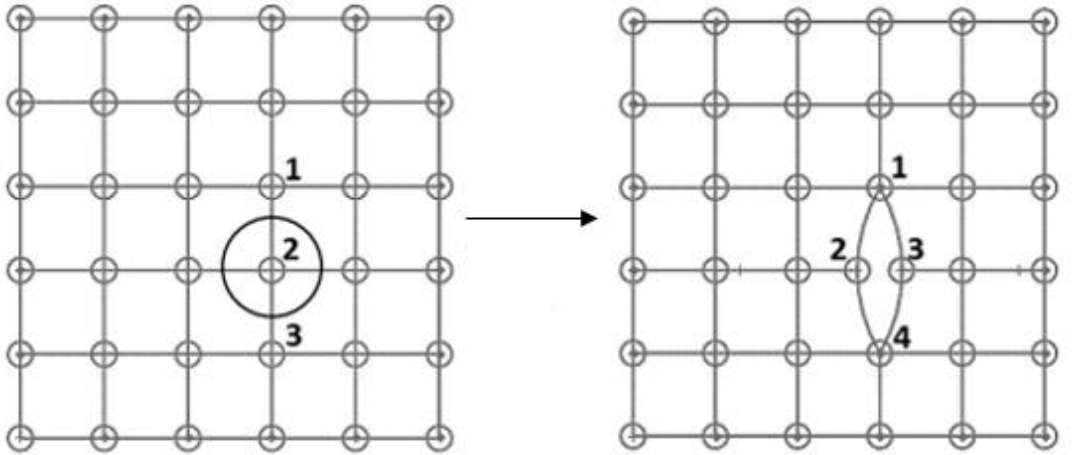


Şekil 1. İnce izotropik çelik plaka.

İnce izotropik çelik plakanın gerinim-gerilim ilişkisi, $\sigma_z = \tau_{yz} = \tau_{zx} = 0$ olduğundan dolayı Genel Hooke kanunu ile tanımlanan 3 boyutlu gerinim-gerilim ilişkisi aşağıdaki gibi 2 boyutlu hale dönüşür.

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E} & -\frac{\nu}{E} & -\frac{\nu}{E} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\nu}{E} & \frac{1}{E} & -\frac{\nu}{E} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\nu}{E} & -\frac{\nu}{E} & \frac{1}{E} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \\ \tau_{xy} \end{bmatrix} \longrightarrow \begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E} & -\frac{\nu}{E} & 0 \\ -\frac{\nu}{E} & \frac{1}{E} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{G} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{bmatrix}$$

Şekil 2’de görüleceği üzere daha sonra ince izotropik plakada genişletilmiş sonlu elemanlar metodu ile çatlak oluşturulur.



Şekil 2. Genişletilmiş sonlu elemanlar metodu.

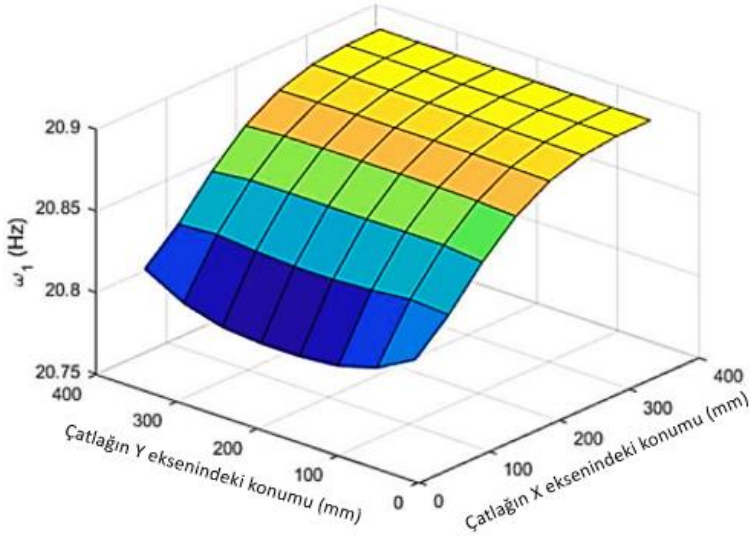
Oluşturulan çatlak plakada x ve y eksenindeki farklı konumlarda ayrı ayrı oluşturulur (Şekil 3).



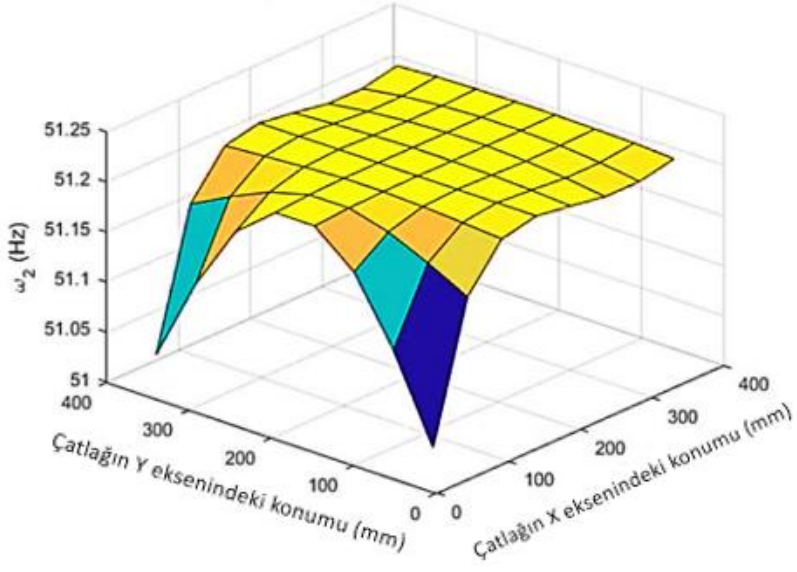
Şekil 3. Çatlaklı ince izotropik çelik plaka.

Bulgular ve Tartışma

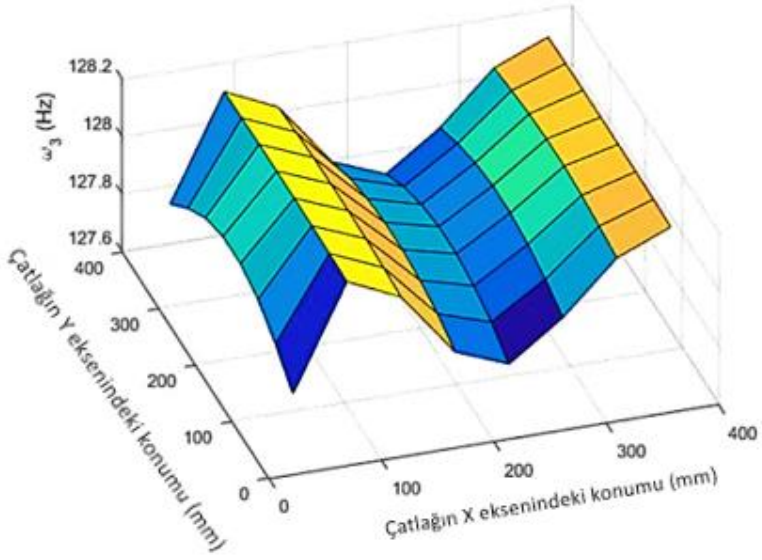
Bu çalışmada plakada farklı konumlarda oluşturulan çatlağın doğal frekansı etkisi 5 modda incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda çatlağın her konumda ve her modda doğal frekansı düşürdüğü gözlemlenmiştir. İnce izotropik çelik plakada çatlak farklı konumlarda oluştuğunda, doğal frekansın 5 moduna etkisi aşağıdaki gibi olmuştur.



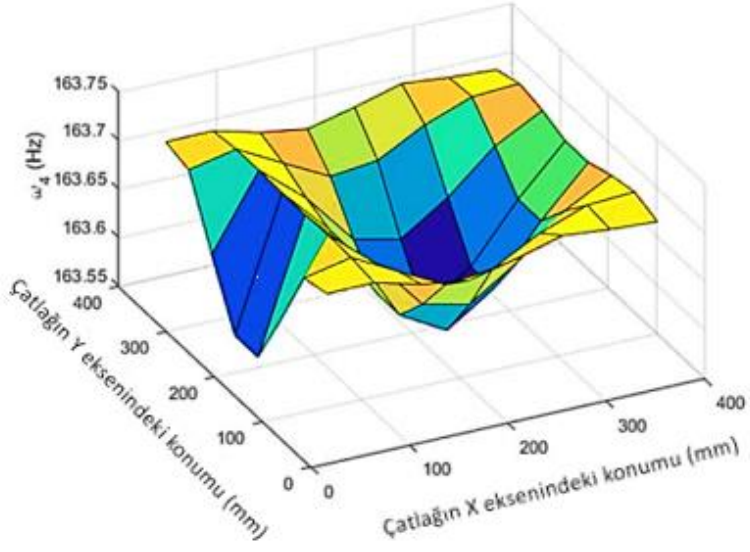
Şekil 4. Çatlaklı ince izotropik çelik plakanın 1. moddaki doğal frekansı.



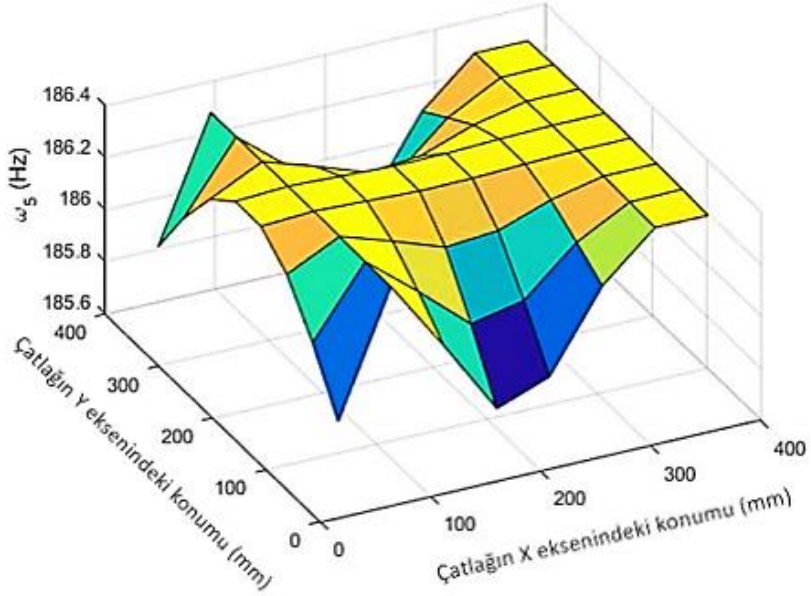
Şekil 5. Çatlaklı ince izotropik çelik plakanın 2. moddaki doğal frekansı.



Şekil 6. Çatlaklı ince izotropik çelik plakanın 3. moddaki doğal frekansı.



Şekil 7. Çatlaklı ince izotropik çelik plakanın 4. moddaki doğal frekansı.



Şekil 8. Çatlaklı ince izotropik çelik plakanın 5. moddaki doğal frekansı.

Sonuçlar

Bu çalışmada, ince izotropik çelik plakada sonlu elemanlar metodu kullanılarak yapıdaki çatlağın doğal frekansa etkisi sayısal olarak incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda;

Çatlağın, yapı veya malzeme üzerindeki etkisi genellikle doğal frekans üzerinde belirgin bir değişiklik yaratır. Gözlemler, çatlakların varlığının doğal frekans değerini her konumda düşürdüğünü ortaya koymaktadır. Bu durum, çatlağın yapı içindeki herhangi bir yerde bulunması durumunda doğal frekansın azalmasına neden olur.

Öte yandan, çatlağın konumunun değişmesi, doğal frekans üzerinde farklı etkilere yol açar. Yapı içindeki çatlağın farklı pozisyonlarda bulunması, doğal frekans üzerinde değişikliklere sebep olur ve bu etki her konumda farklılık gösterir. Her bir konumda çatlağın bulunduğu yer, doğal frekans üzerinde farklı düşüş veya değişimler yaratır.

Bununla birlikte, çatlağın her bir modda doğal frekansa etkisi de farklılık gösterir. Yapı içindeki farklı modlarda çatlak bulunması, doğal frekans üzerinde modlara göre değişen etkiler meydana getirir. Bu durum, çatlakların farklı modlarda yapıya olan etkisinin çeşitliliğini ve her bir modun frekansı üzerindeki belirgin değişimleri ortaya koyar.

Çatlağın doğal frekansı etkilemesi, rezonans durumunu da etkiler. Yapı içindeki çatlaklar, rezonans durumunu etkileyerek yapının titreşim davranışını değiştirir. Bu tespitler, çatlakların doğal frekans üzerindeki etkisinin sadece frekansı düşürmekle kalmayıp aynı zamanda yapının rezonans özelliklerini de etkilediğini göstermektedir.

Kaynakça

- Bolotin, V. V. (1964). *The dynamic stability of elastic systems*. San Francisco: Holden-Day, Inc.
- Dimarogonas, A. D. (1996). *Vibration of A Cracked Structures: A State of The Art Review*. *Engineering Fracture Mechanics*, 55(5), 831-857.
- Kaw, A. K. (2005). *Mechanics of composite materials*. Boca Raton: CRC Press.
- Mazanoglu, K., Yesilyurt, I. ve Sabuncu, M. (2009). *Vibration Analysis of Multiple-Cracked Non-Uniform Beams*. *Journal of Sound and Vibration*, 320(4-5), 977-989.
- Pirner, M. ve Urushadze, S. (2004). *Dynamic Response as a Tool for Damage Identification*. *International Applied Mechanics*, 40(5), 487-505.
- Rao, S. S. (2011). *Mechanical Vibrations*. Miami: Pearson.
- Rezaee, M. ve Hassannejad, R. (2010). *Free Vibration Analysis of Simply Supported Beam with Breathing Crack Using Perturbation Method*. *Acta Mechanica Solida Sinica*, 23(5), 459-470.

Adaptif Eleman Örgüsü Yöntemiyle Yenilikçi Conta Tasarımı

Ramazan Mestanlı, Erhan Özkan, Berna Gül

Dikkan, Ar-Ge Merkezi, İzmir, Türkiye

Email: ramazan.mestanli@dikkan.com,
erhan.ozkan@dikkan.com,
berna.gul@dikkan.com

Giriş

Günümüzde mühendislik uygulamalarında, sızdırmazlık önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Özellikle farklı ortamlar arasındaki akışkan akışının kontrol edilebilmesi, mühendislerin karşılaştığı temel zorluklardan biridir. Bu bağlamda, adaptif eleman örgüsü yöntemi, yenilikçi conta tasarımında önemli bir rol oynamaktadır.

Sızdırmazlık sorunu genellikle iki ayrı ortamın ortak bir sınırı paylaşan akışın kontrol edilebilmesi olarak tanımlanır. Dinamik uygulamalarda sınır yüzeyinin önemli bir izafi hareketi söz konusu olduğu halde, statik durumda böyle bir hareket söz konusu değildir.

Fonksiyonel yetersizliği en aza indirme sızdırma çözümleri arasında dikkat çekmektedir. Bu, oldukça hassas toleranslarda bir işleme gerektirmektedir. Bu nedenle genellikle maliyeti yüksektir. Bu türde olan boşlukları minimize etmek için kullanılan özel elemanlara sızdırmazlık elemanı adı verilmektedir.

Her ne kadar boyutu ufak olursa olsun, fonksiyon yüzeyleri alanında boşluk her zaman akışkan molekülünün bu kısımlardan hareketine olanak sağlar. Bundan dolayı sızdırmazlık terimi, moleküler akışın tamamen durdurulmasını ifade etmekten ziyade, bu akışın kontrol altında tutulması anlamında daha doğru bir şekilde kullanılabilir.

Sızdırmazlık veya kaçaklık, genellikle sızdırmazlık bölgesinden geçiş sağlayarak sistemin dışına yönelerek akmakta olan akışkan miktarını ifade etmektedir. Ancak, belirli durumlarda sistem dışında bulunan akışkanın makinenin iç kısmına doğru sızması da sızdırma olması veya kaçak olması olarak tanımlanabilir.

Difüzyon, genellikle bir nanometrenin altındaki boyutlarda olan gaz veya buhar moleküllerinin, sızdırmazlık elemanının varlığına rağmen sistemdeki küçük boşluklardan difüzyon yoluyla sistem dışına çıkmasıdır. Konveksiyon ise, sızdırmazlık elemanının hareketi nedeniyle ortaya çıkan akışkan transferi sonucunda oluşur. (Erbil, 2008).

Bazı durumlarda dönüş sağlayan sızdırmazlık elemanı, geometrisinden dolayı akışkanı sisteminin içine veya sistemin dışına doğru iletebilir. Bu özellik etkin sızdırmazlık kullanımlarında ve temasın olmadığı sızdırmazlık sistemlerinde avantajlı bir şekilde kullanılır.

Basınç farkından dolayı kaynaklanan akış, sistemlerde sıkça görülen bir akışkan kaçak biçimidir. Basınç farkı nedeniyle oluşmakta olan sıvı konumdaki yağ kaçakları, damlayarak veya olağan sıvı akışıyla kendini gösterebilir. Basınç farkından dolayı oluşan akışta, birimler değişmedikçe yağ kaçak oranı basınç gradyanıyla artma ve akışkanın viskozitesiyle azalma görülür.

20. yüzyıl başlarında Du Pont firmasından Roy J. Plunkett tarafından keşfedilmiştir. 1946 yılında ticari olarak piyasaya sürüldü. Teflon, termoplastik bir floropolimerdir. Molekül yapısı, flor atomlarıyla doymuş uzun ve düz bir karbon zincirinden oluşur. Bu yapı atomlar arasındaki güçlü bağların var olmasından dolayı inert özelliindedir. Teflon ısıya, kimyasal maddelere, neme, dielektrik özelliklere ve sürtünmeye karşı dayanıklıdır. Teflon, maddelere yapışmaz ve sürtünme katsayısı diğer katı cisimlerin katsayısından daha düşüktür.

Teflonun bozulması 260 °C sıcaklıklarda ve üzerindeki sıcaklıklarda başlar. Tüm yapısının bozulması ise 350 °C sıcaklık civarında olur. Boş bir tavanın ateş üzerine bırakılması bu bahsedilen sıcaklık üzerine çıkabilir. Tavanın içindeki az miktardaki yanmış yağ sağlık açısından daha büyük bir endişe kaynağı olabilir. (Nesimi ve Yıldız., 2023).

Tetrafloroetilenin sentezi, heksakloroetanın başlangıç malzemesi olarak kullanılmasıyla 1,2-dikloro-1,1,2,2-tetrafloroetanın üretimi ile başlar. Bu madde, çinko ile reaksiyona sokulduğunda tetrafloroetilen elde edilir. Aynı zamanda, tetrafloroetileni kloroformdan türetmek de mümkündür. Elde edilmiş olan bu tetrafloroetilen, yüksek sıcaklıklarda peroksidin katalitik etkisiyle polimerize edilir. Politetrafloroetilenin üretimini gerçekleştiren iki firma, Du Pont ve Allied Chemical, bu malzeme için ticari isimlerini belirlemişlerdir. Du Pont tarafından verilen isim "teflon" iken, Allied Chemical "halon" adını kullanmıştır.

Kullanılmış olan polimerin yapışkan olmaması, ısıya ve mekanik basınçlara dayanıklılığından dolayı kullanım hedefine uygun özel olarak kalıplarda fazla basınç altında 300-400 °C sıcaklıklardan düşük olan sıcaklıklarda sentezlenmesi sonucu kütükler şekline getirilmektedir. Ultraviyole ışınların, sıcaklık, ozon, tuz, nem gibi benzer maddelere karşı dayanıklılığından dolayı metal, ahşap, teflon plastik, seramik gibi malzemeleri kaplama için kullanılmaktadır.

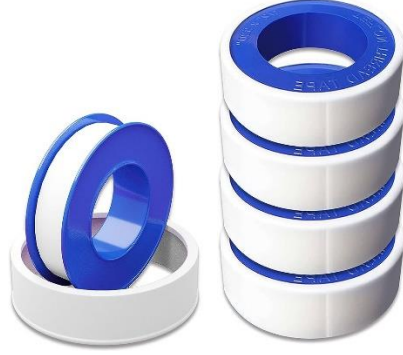
Teflon, özellikle kayganlığı, kimyasal direnci ve yüksek sıcaklık dayanımı gibi üstün özellikleri nedeniyle geniş bir uygulama alanına sahiptir. Mutfak ekipmanlarından endüstriyel kaplamalara kadar çeşitli sektörlerde kullanılan Teflon kaplamalar, pişirme tencereleri ve tavalarında yaygın olarak tercih edilir. Endüstriyel alanlarda metal, ahşap ve seramik yüzeylerin kaplanmasıyla sürtünme direncini azaltmak ve kimyasal dayanıklılığı artırmak amacıyla kullanılır. Elektrik ve elektronik sektöründe ise yalıtım özellikleri sayesinde kablo ve konektör yalıtımında sıkça kullanılır. Ayrıca, gıda ve içecek endüstrisinde hijyenik ve yapışmaz bir yüzey sağlamak amacıyla kullanılan Teflon, birçok sektörde güvenilir ve etkili bir malzeme olarak ön plana çıkmaktadır.

Endüstriyel Süreçlerde Yenilikçi Bir Çözüm Endüstriyel dünyada sürekli gelişen teknoloji ve üretim yöntemleri, malzemelerin dayanıklılığı ve işlevselliği açısından yeni talepler ortaya çıkarmaktadır. Bu talepleri karşılamak üzere geliştirilen ürünlerden biri de Teflon banttır. Yüksek performansı ve özel özellikleriyle endüstriyel süreçlerde önemli bir yer edinen Teflon bant, pek çok alanda çözüm sunmaktadır (Saraç, 2019).

Teflon bant, Polytetrafluoroethylene (PTFE) adı verilen özel bir malzemedan üretilir. Bu malzeme, düşük sürtünme katsayısı ve yapışmaz özelliği ile bilinir. Yüksek sıcaklık dayanımı gösterir ve kimyasal maddelere karşı dirençlidir. Bu özellikleri sayesinde Teflon bant, endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak tercih edilmektedir. Yapışmazlık özelliği Teflon bant, yapışmaz yapısı sayesinde birçok endüstriyel süreçte kullanım avantajı sağlar. Özellikle sıcaklık gerektiren işlemlerde, yapışmaz özelliği malzemelerin yapışmasını veya yanmasını önler.

Bu özellik, farklı endüstriyel alanlarda üretkenliği artırır ve üretim süreçlerini daha verimli hale getirir (İlter, 2016). Birçok endüstriyel malzeme yüksek sıcaklıklara dayanıklı olmalıdır. Teflon

bant, bu alanda üst düzey performans sergiler. Yüksek sıcaklık altında dahi dayanıklılığını koruyarak, üretim süreçlerinde güvenilir bir şekilde kullanılabilir.



Şekil 1. Teflon bant görseli.

Kimyasal maddelere karşı direnç, birçok endüstriyel süreç için kritik bir faktördür. Teflon bant, asitlere, bazlara, yağlara ve diğer kimyasal maddelere karşı direnç gösterir. Bu özellik, çeşitli endüstrilerde kullanımını arttırır.

Teflon bant, gıda endüstrisinden ambalaj sektörüne, termal işlemlerden endüstriyel üretimlere kadar geniş bir yelpazede kullanılır. Isıtma plakalarında, kaynak makinelerinde, fırınlarda, gıda işleme hatlarında ve daha birçok alanda Teflon bantın kullanımı yaygındır.

Teflon bant, endüstriyel süreçlerdeki ihtiyaçlara çözüm sunan bir ürün olarak öne çıkmaktadır. Yüksek performansı, dayanıklılığı ve geniş kullanım alanlarıyla endüstriyel üretimlerde verimliliği arttıran önemli bir malzeme olma özelliğini korumaktadır. Bu nedenle, sürekli gelişen endüstriyel talepleri karşılamak ve üretim süreçlerini optimize etmek için Teflon bant, vazgeçilmez bir unsurdur. Keten türü *Linum usitatissimum* olan keten familyasından olan keten cinsinin en çok kullanılan türüdür. Bu bitki haziran, temmuz ve ağustos aylarında ipek gibi mavi veya sarı renkte çiçek açar. 15 ve 60 cm aralarında boy veren bu bitkinin yapraklarında sap bulunmaz, griye benzer ve yeşil renkte ve dik olarak veya yatık olarak gövde üzerinde sıralanmıştır. Keten maddesinin doğal ve kültür formları, tohumu ve lifi için yetiştirilir. %80 selüloz, %3 pektin ve %10 su ketenin kimyasal yapısında içerir. Keten tohumun içeriğinin yarısı yağ içerir. Bu yağ, "bezir yağı" olarak bilinir ve boyacılık alanında tercih edilmektedir. Hayvan yemleri içeriğinde Keten yağı yine kullanılmaktadır. Keten, tüm topraklarda yetişebilmektedir. Lif ketenleri nemli ortamları, yağ ketenleri ise güneşli ve sıcak ortamları tercih eder. Anadolu'da keten genellikle yazın ve sonbaharda mevsimlerinde ekilir. Lif ketenleri uzun boylu olup gübreli toprakta yetişirken, yağ ketenleri olgunlaştıktan sonra toplanılmaktadır. Keten tohumları kapsülden çıkarılarak elenir ve yağ eldesinde kullanılır. Keten, dünya genelinde 4000-5000 yıldan beri lifi ve tohumları için yetiştirilen en eski kültür bitkilerinden biridir. Mısır'da MÖ 4. yüzyılda keten yetiştirildiği, mabetler ve mezarlar üzerine yapılan resimlerden anlaşılmıştır. Rusya dünya genelinde en çok keten üreten ülke iken, Polonya ikinci sıradadır. Türkiye'de ise Batı, İç Anadolu ve Karadeniz bölgelerinde daha fazla yaygın olarak ekilmektedir.

Doğanın sunduğu çeşitli lif kaynakları arasında özel bir yere sahip olan keten, binlerce yıldır insanlar tarafından kullanılan değerli bir bitki türüdür. Bu bitki, lifleri ve çeşitli kullanım alanlarıyla hem tekstil endüstrisinde hem de beslenme açısından büyük öneme sahiptir (Olçay ve ark., 2015).

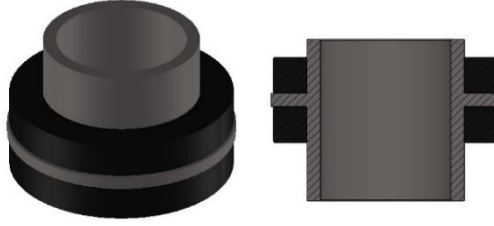
Linen adıyla da bilinen keten, *Linum usitatissimum* bitkisinden elde edilir. Genellikle Akdeniz iklimine uygun olan bölgelerde yetişir. Keten bitkisi, zarif mavi çiçekleriyle görsel açıdan da dikkat çeker ve tohumlarından yağ elde edilmesi de mümkündür.

Keten bitkisinin gövdesinden elde edilen lifler, dayanıklı ve iyi bir esneklik özelliğine sahiptir. Bu lifler, tekstil endüstrisinde kullanılarak keten kumaşının üretilmesini sağlar. Keten kumaşı, yaz aylarında serinlik ve nefes alabilirlik sağlamasıyla tercih edilir (Günindi, 2022). Aynı zamanda dayanıklılığı sayesinde uzun ömürlüdür. Keten lifi, keten kumaşı üretiminde kullanıldığı gibi karışımlar halinde diğer kumaşların dayanıklılığını artırmak için de tercih edilir. Yüksek mukavemeti, soğuk suya karşı direnci ve doğal parlaklığıyla keten lifi, tekstil endüstrisinde özel bir yere sahiptir. Keten, lifli ve besleyici tohumlarıyla da dikkat çeker. Keten tohumları, omega-3 yağ asitleri açısından bol ve sağlıklı beslenme için önemli bir kaynak olarak kabul edilmektedir. Ayrıca lif içeriği sindirim sistemini destekler ve sağlıklı bir sindirim için faydalı olabilir (Özdemir ve ark., 2018).



Şekil 2. Tesisatlarda kullanılan sızdırmazlık keten örneği.

Keten bitkisi, yetiştirilirken az su tüketen ve genellikle kimyasal gübreler veya ilaçlar gerektirmeyen bir bitkidir. Bu özellikleri sayesinde çevre dostu bir tarım ürünü olarak değerlendirilir. Keten hem tekstil endüstrisindeki yararlarıyla hem de sağlıklı beslenme için sağladığı faydalarla çok yönlü bir bitkidir. Doğal lifleriyle tekstil ürünlerinde estetik ve dayanıklılık sağlarken, tohumlarıyla da beslenme açısından önemli bir kaynak olarak öne çıkar. Tarih boyunca insanlar için önemli bir malzeme olan keten, günümüzde de değerini korumaktadır (Karakaş, 2022).



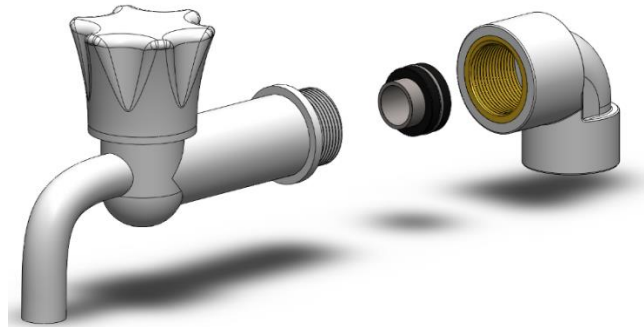
Şekil 3. Adaptif eleman örgüsü yöntemiyle yenilikçi conta tasarımı.

Materyal ve Metot

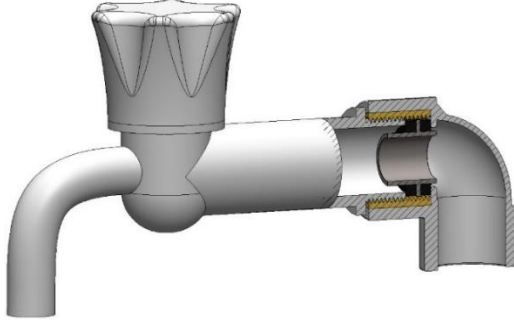
Yapmış olduğumuz Adaptif Eleman Örgüsü Yöntemiyle Yenilikçi Conta Tasarımı ile geçmişte kullandığımız Teflon bant ve keten ürünlerini kullanmadan yenilikçi tasarımı sayesinde sızdırmazlık için uygun bir yapıya sahiptir.

Çalışmamızı ilk olarak 3D modelleme programı ile 3D tasarımı yapılmıştır. Bunun kapsamında elimizde oluşan 3D tasarım ile Hızlı prototipleme (3D Yazıcı) makinesi kullanılarak 3D modelleme programından tasarlanmış olduğumuz olan conta tasarımı üretilmiş bulunmaktadır.

Kullanmış olduğumuz hızlı prototipleme makinesinden aldığımız örnekler sayesinde 3D tasarımda tasarım değişikliğine gitmiş bulunmaktayız.



Şekil 4. Montaj öncesi tasarıma ait görsel.



Şekil 5. Montajlanmış tasarıma ait görsel.

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışma kapsamında elde etmiş olduğumuz bulgular sayesinde elimizde oluşan bilgiler ise geçmişten günümüze gelen sızdırmazlık için kullanılan materyaller Teflon Bant, Keten kullanımı olmadan yenilikçi conta tasarımı kullanarak süreklilik içeren bir çalışmaya imza atmış bulunmaktayız.

Genel olarak geri dönüşümü zor ve ayrıştırması zor olan materyallerin geri dönüşümü için adaptif eleman örgüsü yöntemiyle yenilikçi conta tasarımı tasarlanmıştır. Güncel olarak Co2 ayak izi ve çevre kirliliği %84 olarak düşüş yapacağı öngörülmüştür. Yenilikçi conta tasarımının sayesinde sızdırmazlık sağlanmış olmak ile birlikte geçmişte kullanılan Teflon Bant, Keten kullanımına oran ile %93 oranında sızdırmazlığın sürekliliği sağlanmıştır.

Bu proje kapsamında tasarlamış olduğumuz Adaptif Eleman Örgüsü Yöntemiyle Yenilikçi Conta Tasarımı maliyet, kar, zaman gibi günümüzde önemli olan etkenlerden daha yararlı ve fayda sağladığını gözlemlemiş bulunmaktayız.

Kaynaklar

Erbil, A. E. (2008). Statik sızdırmazlık elemanlarının performans karakteristiklerinin deneysel analizi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Günindi, E. E. (2022). Optimization of injection molding parameters for improving the bonding of thermoplastic elastomer to EPDM rubber used in automotive sealing systems (Master's thesis, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

İlter, E. (2016). Gerçek Boyutlu Cam Panel Cephe Sisteminin Uzun Dönem Taşıyıcılık Ve Sızdırmazlık Performansının Değerlendirilmesi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Karakaş, M. E. (2022). Talk dolgu maddesinin otomotiv sızdırmazlık profili üretiminde kullanılan polipropilen üzerine etkilerinin sonlu elemanlar analizi ile incelenmesi (Master's thesis, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Kasım, H., Engin, B., & Saraç, İ. (2021). Sızdırmazlık Elemanlarının Sürtünmesinin Ağır Hizmet Araçlarının Tahrik Akslarının Verimliliği Üzerindeki Etkisi.

Nesimi, K. Ö. K., & Yıldız, M. S. (2023). Toplam ekipman etkinliği (OEE) analizi ve iyileştirilmesi: Otomotiv sektörü sızdırmazlık elemanları işletmesinde uygulama. *Business Economics and Management Research Journal*, 6(1), 69-82.

Olçay, K., Steier, L., Steier, L., Erdoğan, H., Erdogan, H., Belli, S., & Belli, S. (2015). Polytetrafluoroethylene tape as temporary restorative material: a fluid filtration study. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, 49(3), 17-22.

Özdemir, E., Ayaz, M., & Erhan, K. (2018). Araçlarda Su Sızdırmazlık Testi için Otomasyon Sistem Tasarımı ve Uygulaması. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 6(4), 753-764.

Saraç, İ. (2019). Sonlu Elemanlar Yöntemi Ile Bir Dinamik Sızdırmazlık Elemanının Simülasyonu Ve Deneysel Doğrulaması (Doctoral dissertation, Bursa Uludag University (Turkey)).

SiC Güç Anahtarları ile Kaynak Makinası Tasarımı

Salih Tuna, Ali Eren Kocamış

¹Magma Mekatronik Makine San. Ve Tic. A.Ş. Ar-Ge Merkezi, Manisa,
Türkiye

salih.tuna@magmaweld.com

Giriş

Güç elektroniği uygulamaları enerji açığının oluşması, teknolojinin gelişimi ve endüstriyel ürünlere olan ihtiyacın artması ile gelişime açık alan haline gelmiştir. Güç elektroniği uygulamalarının gelişiminin en önemli parçalarından biri de yarı iletkenlerdir. Yarı iletkenler Si (silisyum) ile başlayarak SiC ve GaN (galyum nitrid) ile gelişim göstermektedir. Yarı iletkenlerin gelişimi ile daha verimli ve daha kompakt güç elektroniği uygulamalarının oluşturulmasının önü açılacaktır (Deveci F. 2017)

Güç elektroniği uygulamalarının önemli uygulamalarından biri de kaynak makineleridir. Kaynak makineleri ilk başta transformatörlü kaynak redresörleri olarak karşımıza çıkmıştır. Daha sonra güç elektroniği uygulamalarının ve yarı iletkenlerin gelişimi ile anahtarlama kaynak makinelerinin üretimi başlamıştır. Anahtarlama kaynak makineleri transformatörlü kaynak makinelerine göre daha hafif, hassas gerilim ve akım ayarı yapılabilen ve daha verimli makinelerdir. Anahtarlama kaynak makineleri Si güç anahtarları ile üretime başlamıştır. Si güç anahtarlarının gelişimi ile de günümüzdeki haline gelmiştir (Yılmaz, Ö.C., Şimşek, O., Aydemir, T. M. 2019)

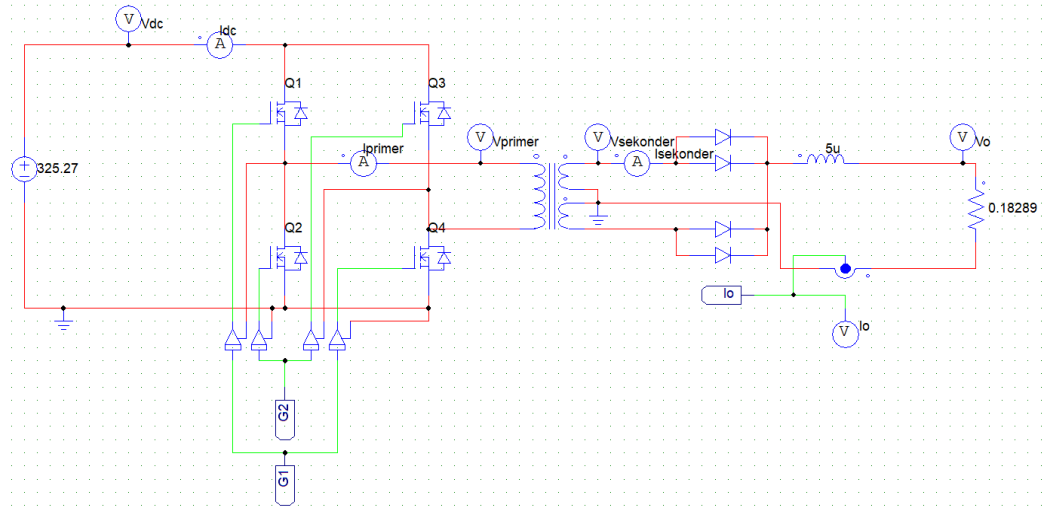
SiC güç anahtarları yüksek frekansta anahtarlama yapabilmesi, çalışma gerilim aralığının yüksek olması, kayıplarının az olması ve termal sağladığı avantajlardan dolayı popüler hale gelmiştir. (Luciano F. S. A., Ruan C. M. G., Pierre L., Raoni De A. P., Pierre-Olivier, J. B.A. Luciano, Filipe V. R. 2017) SiC güç anahtarlarının sağladığı bu avantajlardan dolayı kaynak makinelerinin daha küçük, daha verimli ve daha iyi kaynak kabiliyetine sahip makineler olarak üretilmesine olanak sağlayacaktır. Bu çalışma kapsamında SiC güç anahtarlarının kaynak makinelerine uygulanabilirliği , sağladığı avantajların gözlemlenmesi ve kaynak kalitesine etkisi ele alınacaktır.

Materyal ve Metot

SiC güç anahtarları ile tam köprü dönüştürücü topolojisi kullanılarak 100 kHz anahtarlama frekansına sahip tasarım gerçekleştirilmiştir. Tasarım ilk başta PSIM adlı simülasyon uygulamasında simüle edildi. SiC güç anahtarlarının seçimi yapılırken kelvin bağlantılı TO247-4 kılıf seçildiği için buna uygun güç kartı tasarımı gerçekleştirildi. SiC güç anahtarlarının kapı sürme gerilimleri Si güç anahtarlarına göre farklı olduğundan dolayı kapı sürücü tasarımı gerçekleştirildi. Kapı sürücü kartını sürmek için dijital kontrol kullanıldı.

Tam Köprü Dönüştürücü ve Simülasyonu

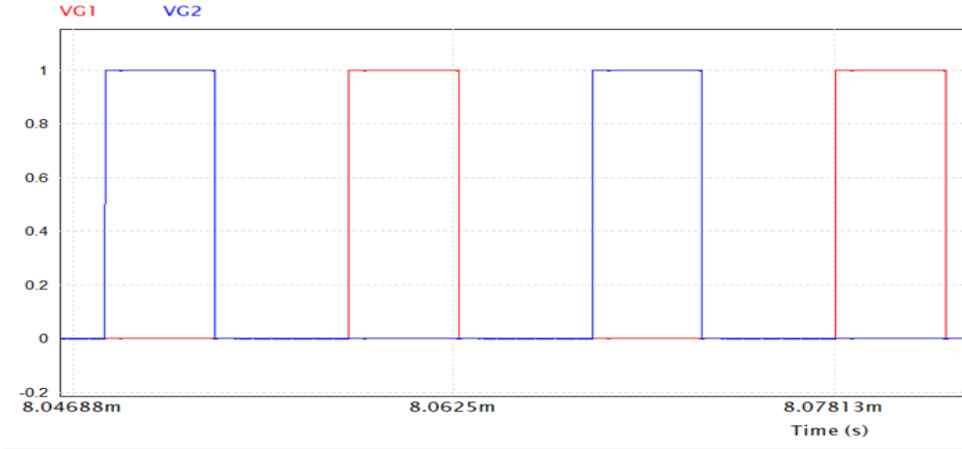
Tam köprü dönüştürücü, bir güç transformatörü boyunca köprü konfigürasyonunda dört güç anahtarını kullanarak DA-DA(doğru akım-doğru akım) dönüştürücü topolojisidir.Şebeke gerilimi (230V 50Hz) doğrultularak 325,27V doğru akım elde edilir. Doğru akım, tam köprü dönüştürücü devresi sayesinde yüksek frekanslı anahtarlama yapılarak trafo ile çıkışa aktarılır. Burada tam köprü doğrultucu devresi ile tekrar doğrultularak elde edilen doğru akım kaynak elektrotuna aktarılır. Kaynak işleminin yapılacağı akım değerinin sabit tutulması için tam köprü dönüştürücü devresinde kullandığımız silisyum karbür güç anahtarının kapı-kaynak terminallerine uygulanan kare dalganın görev oranı değiştirilmelidir.



Şekil 1 Tam Köprü Dönüştürücü

Transformatör birincil tarafını simetrik sürmek için dört güç anahtarı kullanılır. Tam köprü dönüştürücü devresinde güç anahtarlarını sürerken kısa devre olmaması için Q1-Q2 ve Q3-Q4 güç anahtarları aynı anda iletimde olmamalıdır. Bu yüzden dolayı çapraz güç anahtarlarının aynı anda iletimde olması için aynı görev kare dalga sinyali verilir. Diğer çaprazdaki güç anahtarlarına ise tam tersi kare dalga sinyali verilir. Görev oranları %50'yi geçmemeli ve aralarında ölü zaman (dead time) bulunmalıdır.(Singh A. , Jabir VS 2021) Devremizde %46 görev oranı ile sürerek güç anahtarlarına %4 ölü zaman oluşturduk. Bu da 100kHz anahtarlama ile sürdürdüğümüz devremizde 400ns ölü zaman süresine denk gelmektedir. Tam köprü dönüştürücü devresinde duty oranı Denklem(1) ile hesaplanabilmektedir.

$$V_o = 2V_s \left(\frac{N_s}{N_p} \right) D \quad (1)$$



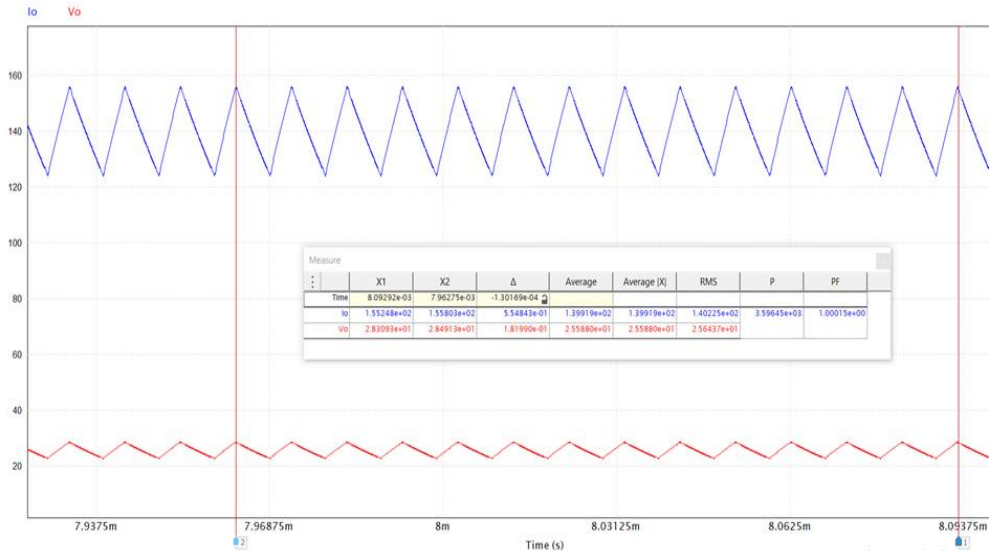
Şekil 2 Kapı Sinyalleri

Tam köprü dönüştürücü devresinde Q1-Q4 güç anahtarları VG1 kapı –kaynak gerilimi ile sürülürken, Q2-Q3 güç anahtarları VG2 kapı-kaynak gerilimi ile sürülmüştür.

Yaptığımız simülasyonu gerçekleştirmek için kaynak akımını 140A olarak baz aldık. EN60974-1 standartına göre MMA (Manuel Metal Ark) kaynak makinelerinde kaynak gerilimi Denklem(2)’ye göre hesaplanmaktadır.

$$V_{kaynak} = 20 + 0.04 * I_{kaynak} \quad (2)$$

$$V_{kaynak} = 20 + 0.04 * 140 = 25.6V$$

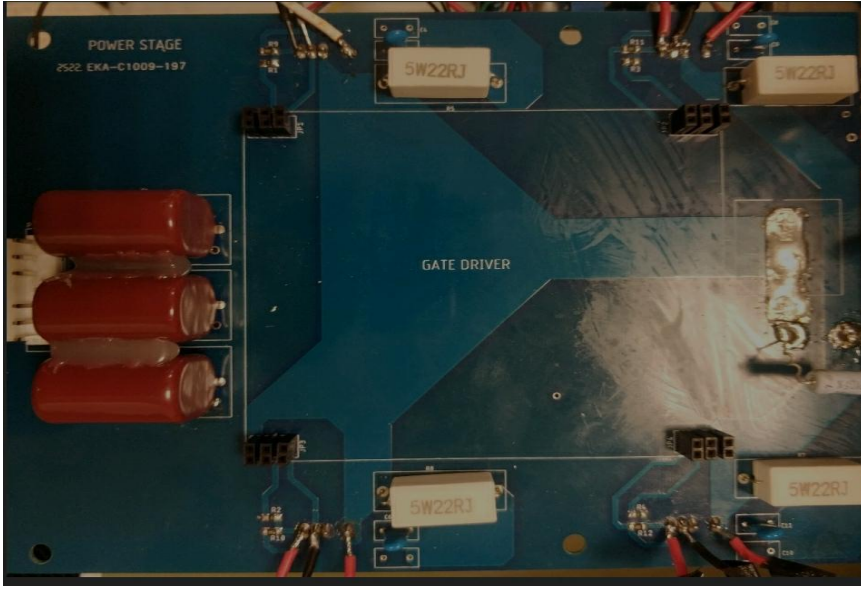


Şekil 3 Tam Köprü Dönüştürücü Simülasyon Çıktısı

Çıkış akımı ve gerilimi beklediğimiz gibi 140A, 25.6V olarak elde edilmiştir.

SiC Güç Kart

Similasyon sonuçları ve parametreler göz önünde bulundurularak kullanacağımız SiC güç anahtarın Microsemi firmasının ürettiği kelvin bağlantıya sahip MSC035SMA070B4 model kodlu ürününü seçtik.



Şekil 4. Tasarlanan SiC Güç Kartı

Güç kartı tasarımı kelvin bağlantılı güç anahtarına göre yapılmıştır. Tasarlanan SiC güç kartı Şekil 4’te verilmiştir. Doğru akım barası kablolama ile geldiği için kartın girişine üç tane filtrelemek için kapasitör kullanılmıştır. Anahtarlama anında oluşan ani gerilim yükselmelerini önlemek için bastırma devresi güç anahtarına paralel olarak kullanılmıştır. Güç anahtarlarını sürerken kapı sürücünden güç anahtarının kapı terminaline olan yol kısa tutulmalıdır. Yol uzun olması durumunda oluşan yok endüktansından dolayı kapı-source geriliminde ani yükselmeler meydana gelecek ve güç anahtarına zarar verebilecektir. Bu doğrultuda güç anahtarının kapı terminaline yakın olması için kapı sürücü kartımızı SiC güç kartı üzerine geçmeli olarak tasarlandı. Böylelikle yolun kısalmasını sağlandı.

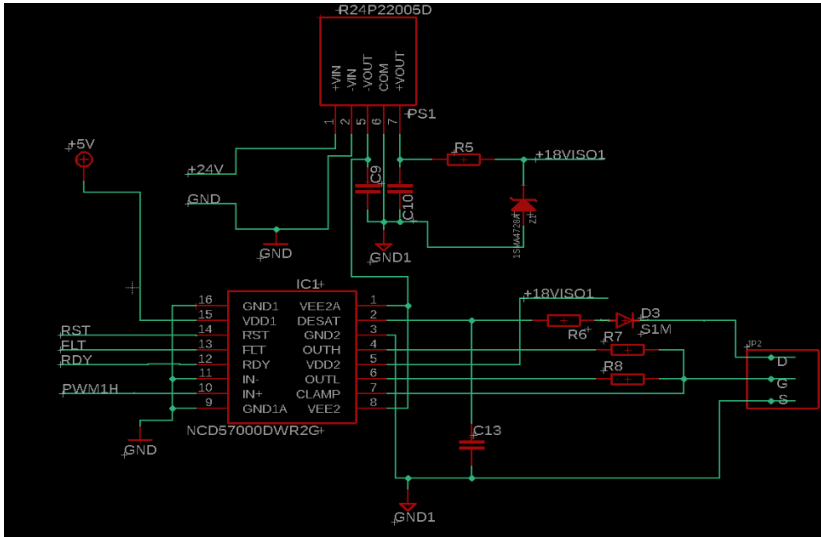
Kelvin Bağlantı

Güç anahtarlarını anahtarlamanın amacı kapı-kaynak arasında bulunan parazitik C_{gs} kapasitesini doldurmaktır. Silisyum tabakası ile terminal arasındaki kaçak endüktans ani akımda ters gerilim oluşturarak kapasitenin daha geç dolmasına sebep olacaktır. Bu durumda da güç anahtarı daha geç açılacaktır. Güç anahtarının geç açılması anahtarlama kayıplarının artmasına ve güç anahtarının ısınmasına dolayısıyla soğutucu boyutlarının büyümesine sebep olacaktır. Bunun önüne geçmek için kelvin bağlantılı güç anahtarları geliştirilmiştir. Kelvin bağlantı ile

gate stray endüktanstan kurtulacaktır. Bu sayede yüksek hızlarda anahtarlama mümkün olacaktır. Kelvin bağlantı sayesinde mosfetler üzerinde oluşan kayıplarda azalma meydana gelecektir. Aynı koşullar altında To247-4 kılıf To247-3 kılıfa göre daha az ısınacaktır. (Crisafulli V. 2015)

Kapı Sürücü

SiC güç anahtarları kapı sürme gerilimleri Si güç anahtarlarına göre farklılık göstermektedir. SiC güç anahtarları operasyon gerilimleri genellikle +18V/-5V olarak verilmektedir. SiC güç anahtarlarının eşik gerilimleri Si güç anahtarlarına nazaran daha düşüktür. Bu durum da SiC güç anahtarının devredeki gürültüler ile açılmasına sebep olmasını önlemek için anahtar kapalı tutulmak istendiği durumda -5V gerilim uygulanmalıdır. Bu durum 4. Jenerasyon SiC güç anahtarlarında önlenmesi için üreticiler tarafından çalışmalar yapılmış ve 0V/+18V aralığında sürülen SiC güç anahtarları da geliştirilmiştir. SiC güç anahtarının sürme gerilimlerinin farklı olması ve eşik gerilimlerinin düşük olması sebebiyle kapı sürücünün yeniden tasarlanması gerekmektedir. Tasarım için Onsemi firmasının NCD57000 ürün koduna sahip kapı sürücüsü entegresi kullanılmıştır.



Şekil 5 NCD57000 Kapı Sürücü Entegresi Basit Uygulaması

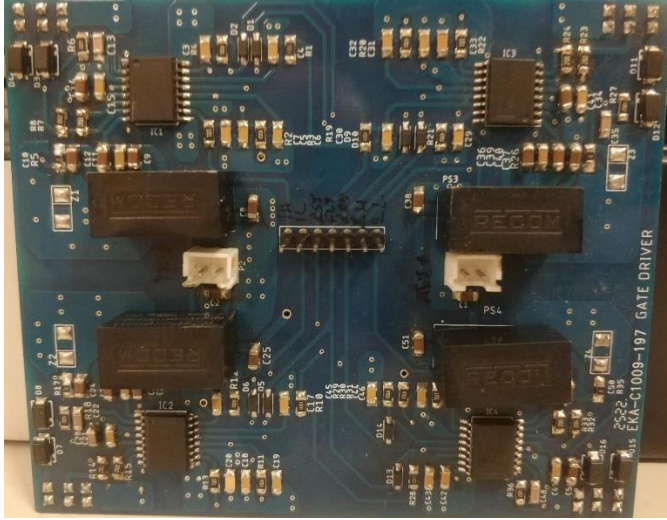
NCD57000 entegresi ile yapılan basit tasarım Şekil 5’te verilmiştir. Tasarımımızda giriş ve çıkışlarda filtre devreleri eklenerek gerçekleştirilmiştir. SiC güç anahtarının sürme gerilimi olan -5V/+18V gerilimini oluşturmak için Recom firmasının R24P22005D kodlu DA-DA dönüştürücüsü kullanılmıştır. R24P22005D, 24V girişi +20V ve -5V’a dönüştüren, 2W çıkış gücüne sahip DA-DA dönüştürücüsüdür. Seçtiğimiz güç anahtarı MSC035SMA070B4 operasyon sürme gerilimi -5V/+18V olduğu için pozitif gerilim çıkışında 18V değerine sahip zener diyot devresi kullanıldı. NCD57000 entegresinin desatürasyon ve aktif kenetleme özelliklerini kullanarak güç anahtarının parazitik kapasitansdan dolayı açılmasını ve aşırı drenaj akımından korunmasını sağlandı.

Aktif Kenetleme

Aktif kenetleme, parazitik dV_{DS}/dt tetiklemeli açmayı önlemek için iyi bilinen bir tekniktir. Güç anahtarlarında drenaj-kaynak arasında parazitik kapasitans bulunur. Parazitik kapasitans güç anahtarı kapalı durumdayken kapı terminaline akım akıtır. Bu akım kapı tarafında gerilim oluşmasını sağlar. Bu da anahtarın istenilmeyen zamanda açılmasına sebep olabilir. Bunu önlemek için kapı terminaline doğrudan bağlı ve kapalı durumdayken gerilimi toprağa veya negatif gerilime çeken bir kenetleme terminali kullanılır (Anon., 2021).

Desatürasyon

Güç anahtarlarının anlık akım kapasiteleri bulunmaktadır. Anlık akım değerini geçtiğinde güç anahtarı zarar görecektir. Anlık akım değerini önlemek içinde gelişmiş kapı sürücülerde desatürasyon koruması kullanılır. Desatürasyon koruması güç anahtarı drenaj-kaynak arasında akan akımı algılayıp güç anahtarını kapatması ile bilinen koruma yöntemidir. Burada güç anahtarının kapatılması yumuşak anahtarlama ile yapılmalıdır. Güç anahtarı sert şekilde kapatılırsa devredeki endüktanslardan dolayı ani gerilim yükselmelerine sebep olacak ve güç anahtarının hasar görmesine sebep olacaktır (Anon., 2018).



Şekil 6 Tasarlanan Kapı Sürücü Kartı

Kapı sürücü kartı köşelerden SiC güç kartına bağlanacak şekilde tasarlandı. Kapı sürücü kartının elektriksel olarak gürültülü olmasını engellemek için 24V girişi kartın ortasından sağlanarak anahtarlamanın yapıldığı ve anahtarın sürüldüğü devreler kartın köşelerine yerleştirildi. Böylelikle -5V/+18V kare dalga sinyalin gürültüden etkilenmesi önlendi. Tam köprü dönüştürücü de her SiC güç anahtarını sürmek için ayrı ayrı dört adet kapı sürücü entegresi kullanılmıştır.

Dijital Kontrol

Tasarlanan kapı sürücü dijital kontrol ile sürüldü. Dijital kontrol STM32F429ZI mikrodenetleyicisi ile sağlandı (ST Microelectronics 2021)100kHz anahtarlama çıkışı için dört

güç anahtarına da ayrı ayrı PWM (darbe genişliği modülasyonu) üretildi. Üretilen PWM sinyallerinin görev oranları çıkışta bulunan hall etki sensöründen alınan geri bildirim PI kontrol (oransal ve integral kontrol) yazılımından geçirilmesi ile elde edildi. Böylelikle kaynak akımı hall etki sensöründen alınan geri bildirim ve PI kontrol yazılımı sayesinde sabit tutuldu. PI kontrol algoritması aşağıdaki denklemler ile verilmiştir.

$$E(k)=I_{ref}(k)-I_{fb}(k) \quad (3)$$

$$U_i(k)=K_i \cdot E(k)+U_i(k-1) \quad (4)$$

$$U_p(k)=K_p \cdot E(k) \quad (5)$$

$$Y(k)=U_p(k)+U_i(k) \quad (6)$$

$E(k)$ referans akımından geribildirim akımının çıkarılması ile elde edilen hatadır. $U_i(k)$ İntegral kontrol algoritmasının çıktısıdır. $U_i(k)$ çıkarımı K_i integral kazancının hata ile çarpılması ve bir önceki integral değeri ile toplanması ile elde edilir. $U_p(k)$ oransal kontrol algoritmasının çıktısıdır. $U_p(k)$ çıkarımı K_p oransal kazancının hata ile çarpılması ile bulunur. Bulunan $U_i(k)$ ve $U_p(k)$ değerleri toplanarak görev oranı çıktısını verir. PI kontrolde oransal kontrol kaynak devreye girdiğinde ne kadar sürede istenen akıma çıkacağını ve burada ne kadar aşım yaparak istenen değere oturacağını belirler. PI kontrolde integral kontrol ise istenilen akıma hatasız oturmasını sağlamak için kullanıldı. İntegral kontrol ile istediğimiz akıma hatasız şekilde oturmasını sağlandı. İntegral kontrol bir önceki hataların toplayarak çıktı verdiği için hatanın sıfırlanmasını sağladı (Ogata K. 2010). Oransal ve integral kontrol kazanç değerleri olan K_p ve K_i değerlerini kaynak makinesi üzerinde deneme yöntemi ile bulundu. Görev oranı hall etki sensöründen gelen geri bildirim ADC (analog dijital dönüştürücü) mikrodenetleyiciye aktarıldığı için çıktı değeri de ona bağlı olarak hesaplandı. Kullandığımız mikrodenetleyici 0V-2.98V gerilim aralığını dijital olarak 0-4095 arasında okuma işlemi yapar. (ST Microelectronics 2021) Buna bağlı olarak çıktı değeri üretir bu değer kapı ve kaynak tarafında görev oranının belirlenmesini sağlar.

Hall etki sensörü çıkışı gürültülü olduğu için filtre eklemek gerekmektedir. Direnç ve kapasitörden oluşan fiziksel bir RC filtre yerine dijital bir filtre tasarımı yapıldı.

$$V_{out} = \frac{V_{in} \cdot \frac{1}{sC}}{\frac{1}{s} + R} \quad (7)$$

$$V_{out} = V_{in} * \frac{T \cdot (1+z^{-1})}{T \cdot (1+z^{-1}) + 2RC \cdot (1-z^{-1})} \quad (8)$$

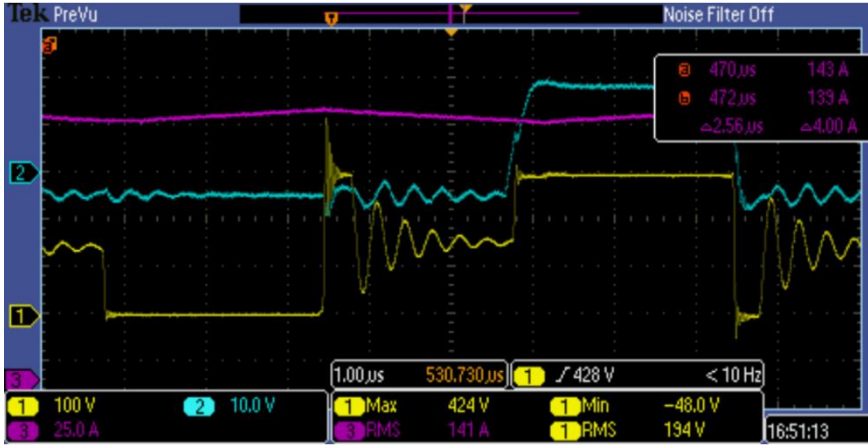
$$V_{out}(n) = \frac{T}{T+2RC} * V_{in}(n) + \frac{T}{T+2RC} * V_{in}(n-1) - V_{out}(n-1) * \frac{T-2RC}{T+2RC} \quad (9)$$

Dijital filtre tasarımı yapmak için öncelikle RC filtre tasarımının hesaplanması gerekmektedir. Hesaplandıktan sonra devrenin analizi için laplace dönüşümü yapılmış ve Denklem (7)’de

verilmiştir. Laplace dönüşümü yapılan denklem daha sonra ayrık zaman için z-domaine dönüştürülür. Bu dönüşüm sonucu Denklem (8)’de verilmiştir. Ayrık zaman denklemi çıkarıldıktan sonra yazılıma uyarlanacak olan Denklem (9) çıkarılır. Bu denklem ile dijital filtre tasarımı gerçekleştirilmiş olur. Dijital filtre, örnekleme olarak çıktı oluşturur. Kaç örnekleme alınacağı yazılım tarafında belirlenir. Tasarımımız için iki örnekleme ile sonucunu işleminin yeterli olduğu görüldü.

Tasarım aşamasında dijital kontrol işlemini sağlarken haberleşmenin kopmasını ve gürültüden etkilenmesini önlemek için can bus haberleşme protokolü kullanıldı. Can bus haberleşme için MCP2551 alıcı-verici entegresi kullanıldı (Samancı B. 2010).

Bulgular ve Tartışma



Şekil 7 Kaynak Anında Alınan Drenaj-Kaynak, Çıkış Akımı ve Diğer Çapraz Kol Kapı-Kaynak Gerilimi

Bu çalışmadaki bulgular, SiC güç anahtarları ile tasarlanan kaynak makinesinin test sonuçlarını sunmaktadır. Şekil 7’de SiC güç anahtarının 140A çıkış akımında kaynak işlemine başlanıldığında SiC güç anahtarının drenaj-kaynak gerilimi, çıkış akımı ve diğer çapraz koldaki güç anahtarlarının kapı-kaynak geriliminin nasıl etkilendiği gözlemlenmektedir. Burada drenaj-kaynak geriliminin 424V değerine ani gerilim yükselmesi gerçekleştirdiği ve salınma sebep olduğu gözlemlenmiştir. SiC güç anahtarları ile yaptığımız kaynak makinesi tasarımında 100kHz sert anahtarlama ile güç anahtarlarının sürme işlemi gerçekleştirilmiştir. Burada yüksek frekans ve sert anahtarlama işlemi SiC güç anahtarları üzerinde ani gerilim yükselmelerine sebep olduğu gözlemlenmiştir. Ani gerilim yükselmelerinin sebebi PCB yollarının tasarımından kaynaklandığı yaptığımız çalışmalar sonucunda gözlemlenmiştir. İyi bir PCB tasarımı ile ani gerilim yükselmelerinin düşürülebileceği gözlemlenmiştir.

Si güç anahtarları ile yapılan kaynak makineleri genellikle 30kHz – 50kHz aralığında anahtarlama frekansına sahiptir. Bu anahtarlama frekansı çıkış akımında 60kHz-100kHz dalgalanmaya sebep olur. SiC güç anahtarları ile yaptığımız tasarımda 100kHz anahtarlama frekansını kullandığımız için çıkış akımında 200kHz dalgalanmaya sebep olduğunu gözlemlenmiştir. Çıkış akımı dalgalanmasının frekansının artmasının çıkış akımındaki dalgalanmanın daha az olmasına sebep olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun da kaynak kalitesini arttırdığı gözlemlendi. SiC güç anahtarları ile yapılan tasarımın daha verimli, daha

küçük ,daha hafif ve kaynak kalitesi daha yüksek makineler olacağı yapılan çalışmalar sonucu gözlemlendi. Sağladığı bu avantajlardan dolayı maliyet açısından Si güç anahtarları ile aynı noktaya geldiğinde kaynak makinelerinde SiC güç anahtarlarına geçiş olacağı düşünülmektedir.

Bu makale kapsamında, SiC güç anahtarlarının kaynak makinelerine uygulanabilirliğini ve nasıl iyileştirmeler ile optimal tasarımların yapılabileceğini göstermektedir. SiC güç anahtarının sağladığı yüksek anahtarlama frekansı ve termal avantajlar sayesinde soğutucu ile devredeki kapasitif-endüktif malzemelerin boyutlarının küçültülmesi ayrıca maliyet analizinin yapılması bir sonraki çalışmanın konusu olacaktır.

Kaynakça

Anon. (2018) Texas Instruments, Understanding the Short Circuit Protection for Silicon Carbide MOSFETs Available from: https://www.ti.com/lit/an/slua863c/slua863c.pdf?ts=1703148589698&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F [Accessed JANUARY 2018]

Anon. (2021). Texas Instruments IGBT & SiC Gate Driver Fundamentals Available from: https://www.ti.com/lit/eb/slyy169/slyy169.pdf?ts=1703157729433&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F [Accessed 4Q 2021]

Crisafulli V. 2015, A new package with kelvin source connection for increasing power density in power electronics design, 2015 17th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'15 ECCE-Europe), DOI: 10.1109/EPE.2015.7309198

Deveci F. 2017, Güç Elektroniklerinde SiC (Silicon Carbide) Çağı. Available from: <https://www.firatdeveci.com/guc-elektroniginde-sic-silicon-carbide-cagi/> [Accessed 17 October 2017]

Luciano F. S. A., Ruan C. M. G., Pierre L., Raoni De A. P., Pierre-Olivier, J. B.A. Luciano, Filipe V. R. 2017, SiC power devices in power electronics: An overview 2017 Brazilian Power Electronics Conference (COBEP), DOI: 10.1109/COBEP.2017.8257396

Ogata K. 2010, Modern Control Engineering, Prentice Hall, ISBN:9780136156734, 0136156738

Samancı B. 2010, CAN Bus nedir? CAN protokolü incelemesi, Available from: <http://www.barissamanci.net/Makale/15/can-bus-nedir-can-protokolu-incelemesi/> [Accessed 12 September 2010]

Singh A. , Jabir VS 2021, Voltage Fed Full Bridge DC-DC and DC-AC Converter for High-Frequency Inverter Using C2000, Texas Instruments Application Report https://www.ti.com/lit/an/sprabw0d/sprabw0d.pdf?ts=1703173392992&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F

ST Microelectronics 2021, RM0090 Reference Manuals. Available from: <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f429zi.html#documentation> [Accessed 25 February 2021]

Yılmaz, Ö. C., Şimşek, O., Aydemir, T. M. 2019, Design and Implementation of a 300A Modular Welding Inverter, GU J Sci, Part A.

Plazma Kesme Makinelerinde Otomatik Gaz Kontrolü

Samet Yüksel, Mustafa Yararlı, Güven Sezen

Magma Mekatronik, Ar-Ge Merkezi, Manisa, Türkiye

samet.yuksel@magmaweld.com

Giriş

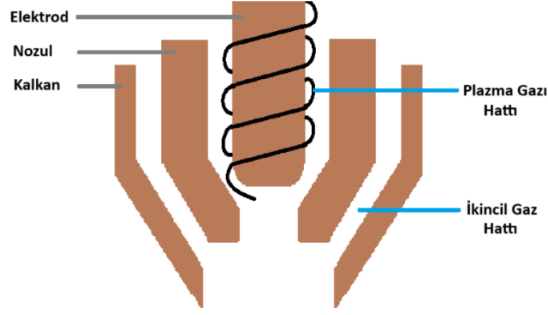
Günümüzde imalat endüstrisinde yaygın olarak kullanılan plazma arkı ile kesme işlemi geleneksel bir yöntem olmamasına rağmen daha yüksek oksidasyon dayanımı ve tokluk, daha düşük kayma direnci ve elastik yapısından dolayı alevle kesme (oksijen gazı ile kesme) gibi işlemlerle kesemediğimiz alüminyum, titanyum, magnezyum, bakır ve bunların alaşımları, paslanmaz çelik gibi birçok gelişmiş iletken malzemeyi kesme kabiliyeti nedeniyle sıkça tercih edilmektedir (Das ve Chakraborty, 2023).

İmalat sanayisinde temel hammadde formunun yaklaşık olarak %85’i sacdan oluşmaktadır. İmalat sanayinde, bu sac levhaların kesilmesi, belirli bir parçanın veya ürünün üretimindeki ilk adımlardan biridir. Kesme yöntemi seçimi tüm üretim sürecinin girdi ve çıktılarını etkiler. Kesme yöntemi seçimi işlem yapılacak malzemenin türüne, boyutuna, kalınlığına ve şekline göre değişkenlik gösterir. Levhalara uygulanan kesme işlemleri arasında plazma arkı ile kesme işlemi yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (İrsel ve Güzey, 2021; Gostimirović ve diğ., 2020).

Kesilen metal parçalarda metalin kesim kalitesi kesilen metaldeki sakal(saçak) oluşumu, materyal kaldırma oranı, kesilen yüzeyin pürüzlülüğü gibi etkenlere bağlıdır. Bu parametrelerin ölçümü gerçekleştirilirken materyal kaldırma oranı için metalin kesme işlemi öncesi ve sonrası ağırlık oranı, yüzey pürüzlülüğü için kesme işlemine uğrayan yüzeyin sahip olduğu saçaklar ölçülür. Sakal oluşumu ise gözle gözlemlenebilir (Gostimirović ve diğ., 2020; Cinar ve diğ., 2018).

Plazma kesme makinelerinde gaz kontrolünün önemini anlamak için öncelikle plazma kesme metodu hakkında bilgi sahibi olunması gerekiyor. Plazma kesme makinelerinin çalışma prensibi makinenin doğrultulmuş akım kaynağı gibi davrandığı devrede torç ve iş parçası arasındaki elektriksel bağlantının plazma arkı sayesinde tamamlanmasına dayanmaktadır. Plazmalar herhangi bir elektrik arkından oluşabilir ancak “Plazma arkı” terimi bir torç sayesinde daraltılarak yoğunlaştırılan arkı tanımlar. Plazma arkı ile kesme işlemi daraltılarak yoğunlaştırılmış yüksek hızlı plazma ile iletilen ark tarafından eritilen metalin yüksek hızlı plazma sayesinde iş parçasından uzaklaştırılması ve torcun temas ettiği lokal bölgenin iş parçası ile olan bağlantısının yok edilmesi işlemidir (Nemchinsky ve Severance, 2006).

Plazma kesme makinelerinde kesim kalitesini etkileyen parametrelerden bahsetmeden önce kesme işleminde oldukça etkili olan torcun yapısından bahsetmek gerekir. Plazma kesme makinelerinde kullanılan torcun yapısı Şekil 1 de gösterilmiştir. Elektrodun etrafında yüksek hızlarda dönerek aşağı doğru itilen kesme gazı ve arkı daraltmak amacıyla nozul ile kalkan arasından gelen ikincil gaz plazma kesme makinelerinin beslediği basınçlı gaz kaynağından beslenmektedir (Nemchinsky ve Severance, 2006).



Şekil 1. Torcun yapısı

Plazma arki ile kesme yöntemini kullanan plazma kesme makinelerinin kesim kalitesi nozul çapı, torcun hızı, açısı ve iş parçası ile olan uzaklığından etkilenebileceği gibi ark akımı, ark gerilimi ve plazma gaz basıncından da etkilenir. Plazma gaz basıncındaki değişimler kesim kalitesi üzerindeki en büyük etken parametrelerden birisidir ve plazma gaz basıncının azalması kesim kalitesini olumsuz etkiler(Gostimirović ve diğ., 2020; Hatala ve diğ., 2012; Cinar, Z. ve diğ., 2018).

Bu çalışmada plazma gaz basıncının stabilizasyonunu sağlayabilmek için yaygın olarak kullanılan kapalı çevrim kontrol sistemlerinden faydalanmak hedeflenmiştir. Kapalı çevrim kontrol sistemleri kontrol edilmesi istenene değer hakkında geri bildirimler olarak bu değer artışı veya azalışında etkili birimlerin doğru tepkiyi vermesini sağlayarak kontrolü sağlayan bir sistemdir. Regülasyon istenilen durumlarda sıkça başvurulan kapalı çevri kontrol sistemleri sayesinde sistemler oldukça kararlı çalışabilmektedir (Chen ve Chao, 1999).

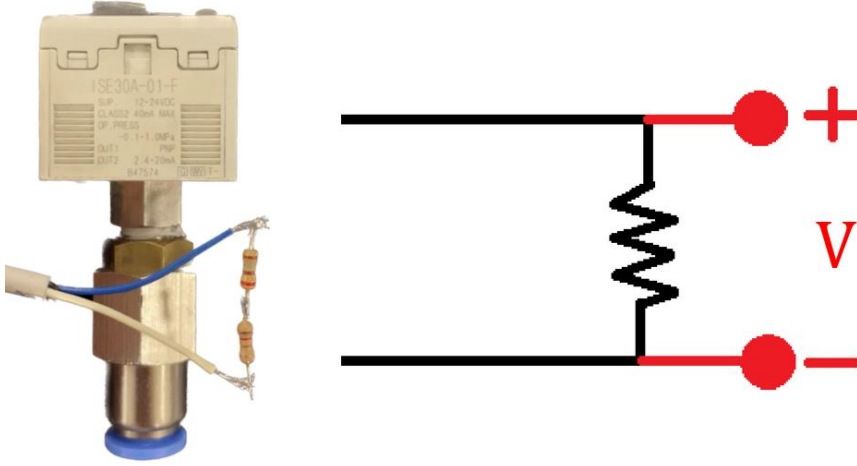
Materyal ve Metot

Otomatik gaz kontrollü plazma kesme makinesinde plazma gaz basıncının stabilizasyonunu sağlayabilmek için yaygın olarak kullanılan kapalı çevrim kontrol sistemlerinden faydalanılmıştır. Değişken gaz basıncı değerine sahip bir kaynaktan beslenen makinenin torcuna giden gaz hattındaki basınç stabilizasyonunu sağlamak adına aynı hatta bağlı basınç sensörü aracılığıyla oluşturulan geri bildirim değeri işlemciye basınç değeri hakkında anlık olarak bilgi akışını sağlamaktadır, Sensörden okunana değere göre işlemci tarafından oransal valfin kontrolü gerçekleştirilerek torcun basınç stabilizasyonu kapalı çevrim kontrol sistemi sayesinde sağlanmaktadır.

Bu sistemin çalışabilmesi için tercih edilen basınç sensörü anlık olarak ölçtüğü basınç değeri ile doğru orantılı akım çıkışı veren bir yapıya sahiptir. Torcun basınç değerindeki değişimin anlık gözlemlenebilmesi için Şekil 2’de gösterildiği gibi sensörün çıkışına bağlanan direnç üzerinden akım döngüsü tamamladığında direnç üzerinde oluşan gerilim değeri osiloskop ile ölçülerek oransal olarak basınç değeri takibi gerçekleştirilir.

Bu çalışma kapsamında birebir aynı özelliklere sahip iki adet plazma kesme makinesinin birisinde manuel gaz kontrolü diğerinde otomatik gaz kontrolü kullanılarak aynı koşullar altında özdeş metaller için kesme işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan testler esnasında makinelerin beslendiği gaz kaynağı basınç değeri değişkenlik gösteren sıkıştırılmış gaz hattı olarak

seçilmiştir. Aynı hatta paralel bağlanan ve eşit şartlara maruz bırakılan makinelerin kesim kaliteleri ve torçlarına giden hattın basınç değerleri kıyaslanarak otomatik gaz kontrolünün kesim kalitesi üzerindeki etkisi gözlemlenmiştir.



Şekil 2. Deney düzeneği

Kesme işlemi esnasında kesme hızı, torcun metal yüzeye olan uzaklığı ve açısı gibi parametrelerin de değişkenlik göstermemesi adına otomasyon sistemi kullanılmış ve tüm bu parametreler de iki makine için eşit olacak şekilde ayarlanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Plazma kesme makinalarında otomatik gaz kontrol yapısının kesim kalitesi üzerindeki etkisini gözlemlemek için tamamen aynı şartlar altında aralarındaki tek fark otomatik gaz kontrol yapısı olan iki makine ile kesme işlemi yapılmıştır. Kesme işlemi yapılan metallerin özellikleri ve kesme işlemi esnasında torca olan uzaklıkları gibi kesim kalitesini etkileyebilecek tüm faktörler iki makine için de aynı şekilde uygulanmıştır.

Plazma kesme makinalarının torcundaki hava basıncı azaldıkça sakal oluşumu gözlemlenmiştir. Kesim kalitesindeki bu kötüleşmelerin önüne geçebilmek için Plazma kesme makinalarının torcundaki basıncın stabilizasyonu oldukça önemlidir. Otomatik gaz kontrol yapısının kesim kalitesi üzerindeki etkisini gözlemlemek için uygulanan deney sonucunda aşağıdaki görseldeki 1 numaralı metal normal plazma makinası ile kesilmiştir. 2 numaralı metal otomatik gaz kontrol çevrimine sahip makine ile kesilmiştir.



Şekil 3. Deney esnasında kesilen metallere

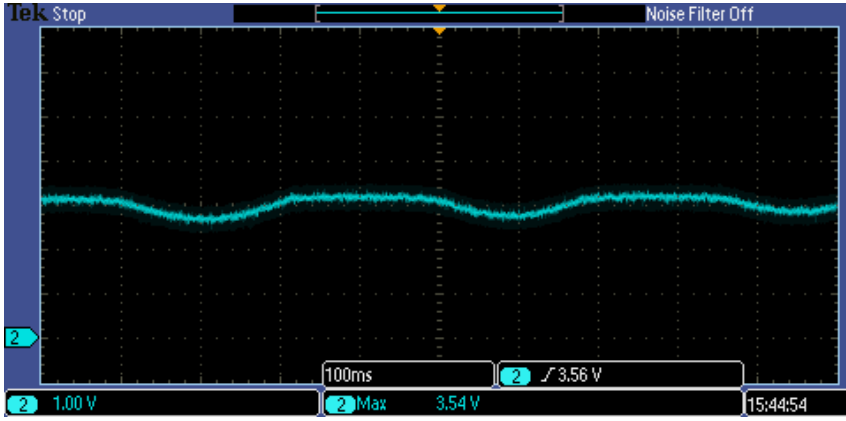
Kesme işlemi sonrasında elde edilen metal parçalar Şekil 3’te verilmiştir. Şekil 3’te üstte yer alan metal parça manuel gaz kontrollü makine ile, altta yer alan metal parça ise otomatik gaz kontrollü makine tarafından kesilmiştir. Kesme işlemi esnasında Kırmızı işaretli bölgede ortak şebekenin gaz basıncı 3.4 Bar seviyesinin altına inmiştir ve lineer olarak düşüşünü sürdürmüştür. Plazma kesme makinaları düşük basınçtan dolayı korumaya girene kadar çalışmış ve düşük basınç değerlerindeki kesim kalitesi farkı otomatik gaz kontrol çevrimi içeren makine ile içermeyen makine için Şekil 4’te olduğu gibi açık bir şekilde gözlemlenmiştir.



Şekil 4. Kesim kalitesi

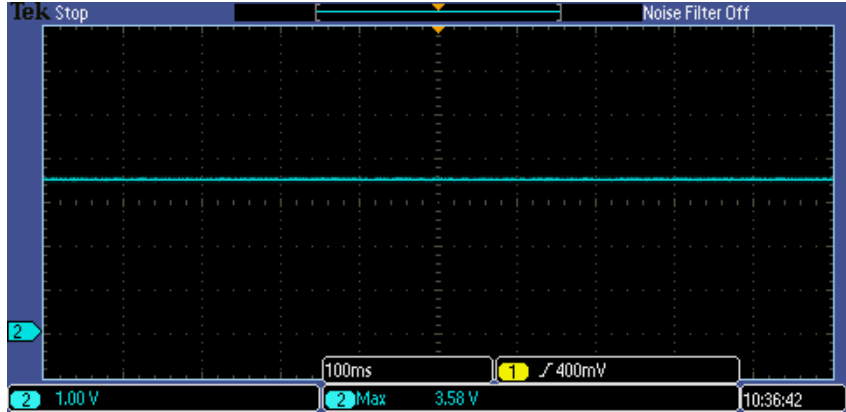
Fabrikanın gaz hattındaki basınç değişimleri esnasında otomatik gaz kontrolüne sahip olan ve olmayan makinelerin torç basınçlarını anlık olarak osiloskoptan okumak adına okuduğu basınç değerine oranlı akım çıkışı veren bir sensör kullanıldı. Sensörün akım çıkışı ve toprak arasına eklenen direncin gerilim değeri osiloskop üzerinden anlık olarak gözlemlendi ve teste tabi tutulan iki makine için elde edilen sonuçlar kıyaslandı. Osiloskoptan okunan gerilim değeri basınç ile doğru orantılı olduğundan anlık basınç değeri ile osiloskoptaki anlık gerilim değerleri doğru orantılıdır.

Şekil 5 otomatik gaz kontrolüne sahip olmayan makinenin torcundaki basınç değişimini göstermektedir. Torç basıncı giriş basıncındaki değişime göre sürekli değişkenlik göstermekte ve stabilizasyonunu koruyamamaktadır.



Şekil 5. Otomatik gaz kontrolü olmayan makine (Volt/div: 1.00V; Time/div:100ms)

Şekil 6 otomatik gaz kontrolüne sahip makinenin torcundaki basınç değişimini göstermektedir. Torç basıncı giriş basıncındaki değişime rağmen basınç stabilizasyonunu korumaktadır.



Şekil 6. Otomatik gaz kontrollü makine (Volt/div: 1.00V; Time/div:100ms)

Otomatik gaz kontrolü için oluşturulana kapalı çevrim kontrol yapısında torca giden hattın basınç değeri basınç sensörü ile ölçülüyor ve ölçülen bu basınç değeri işlemcinin oransal valf'i kontrolü için kullanılıyor. Eğer basınç değeri düşüşe geçerse basınç sensöründen alınan ölçüm sonrası işlemci oransal valf i daha çok açıyor ve torcun basınç değerini ayarlıyor. Bu şekilde torcun basınç değeri gaz beslemesinin basınç değerine kadar istenen değere ayarlanıp stabilizasyonu sağlanabiliyor.

Plazma kesme makinelerinin kesim kalitesi ile ilgili yapılmış literatürde bulunan önceki çalışmaların da doğrulandığı gibi gaz basıncının kesim kalitesine olan etkisi sakal oluşumunda oluşturduğu değişim olarak gözlemlenmiş deneyler sonucunda bu gerçek tekrardan ortaya koyulmuştur. Plazma kesme makinelerinin kesim kalitesinin korunmasında gaz regülasyonunun önemi ve gaz regülasyonunun sağlanması amacıyla otomatik gaz kontrolünün önemi yapılan çalışmalar sonucunda gözler önüne serilmiştir.

Gaz kaynağının basınç değerinde değişkenlik olan durumlarda otomatik gaz kontrollü plazma kesme makineleri manuel gaz kontrollü plazma kesme makinelerine kıyasla daha az sakal oluşumunu sağlayarak daha iyi bir kesim kalitesi sunmaktadır.

Kaynakça

- Chen, S. C., & Chao, S. M. (1999). Closed-loop control of gas pressure in the gas-assisted injection molding process. *Advances in Polymer Technology: Journal of the Polymer Processing Institute*, 18(2), 137-145. doi: 10.1002/(SICI)1098-2329(199922)18:2<137::AID-ADV4>3.0.CO;2-0
- Cinar, Z., Asmael, M., & Zeeshan, Q. (2018). Developments in plasma arc cutting (PAC) of steel alloys: a review. *Jurnal Kejuruteraan*, 30(1), 7-16. doi: 10.17576/jkukm-2018-30(1)-02
- Das, P. P., & Chakraborty, S. (2023). A comparative assessment of multicriteria parametric optimization methods for plasma arc cutting processes. *Decision Analytics Journal*, 6, 100190. doi: 10.1016/j.dajour.2023.100190
- Gostimirović, M., Rodić, D., Sekulić, M., & Aleksić, A. (2020). An experimental analysis of cutting quality in plasma arc machining. *Advanced Technologies and Materials*, 45(1), 1-8. doi: 10.24867/ATM-2020-1-001
- Hatala, M., Zajac, J., Čep, R., & Orlovský, I. (2012). Research of the technological parameters importance for plasma arc thermal cutting. *Applied Mechanics and Materials*, 110, 3742-3749. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.110-116.3742
- Írsel, G., & Güzey, B. N. (2021, December). Comparison of laser beam, oxygen and plasma arc cutting methods in terms of their advantages and disadvantages in cutting structural steels. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2130, No. 1, p. 012022). IOP Publishing. doi: 10.1088/1742-6596/2130/1/012022
- Nemchinsky, V. A., & Severance, W. S. (2006). What we know and what we do not know about plasma arc cutting. *Journal of physics d: applied physics*, 39(22), R423. doi: 10.1088/0022-3727/39/22/R01

Endüstriyel Atık Sulardan Modifiye Zeolit ile Bazı Ağır Metallerin Giderilmesi

Seda Uyar¹, Yüksel Abalı¹, Osman Arslan²

¹Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
Kimya Bölümü, Manisa-Yunussemre, Türkiye

²İstanbul Sebahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri
Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul-Halkalı, Türkiye

sedasarioglu@outlook.com

yabali@yahoo.com

o.arslan@izu.edu.tr

Giriş

Kâğıt, petrokimya, gübre, metal kaplama gibi pek çok endüstriyel proseste atık olarak çeşitli ağır metaller ortaya çıkmaktadır. Bazı endüstriler ve ağır metal kaynakları Çizelge 1’de verilmiştir. Bu ağır metalleri içeren atık sular doğru bir şekilde arıtılmaz ise nehir, göl ve yeraltı sularına karışırlar. Buda ekosistem için ciddi bir tehlike oluşturur (Öz, 2012).

En fazla toksik etki gösteren ağır metaller kadmiyum, krom, bakır, cıva, kurşun, nikel, kalay ve çinkodur (Siegel, 2002; Özkan, 2009). Mesela; Nikel ve Krom oldukça etkili alerjik reaksiyonlara (kaşıntı, döküntü, solunum sıkıntısı vb.) neden olurken [7,8], bakır sülfat ciddi oral akut zehirlenmelerine yol açar (McGay, 1996). Bu nedenlerle, endüstriyel atıklardaki ağır metallerin giderimi üzerine pek çok çalışma yapılmaktadır. (Kahvecioğlu ve ark., 2003). Zeolitler SiO_4 ve AlO_4 dörtyüzlülerinin üç boyutta sonsuz bağlanmaları ile oluşan kristal yapılu sulu alümino silikatlardır. Yeryüzünde doğal olarak bulunabildiği gibi sentetik olarak da üretilebilirler (Spiegel, 2002; Brar, 2011). Zeolitlerin moleküler yapıları benzer iken kristal yapıları farklıdır. Si-O-Al atomlarının meydana getirdiği zincirlere, Na, Ca ve K iyonlarının bağlanması sonucunda gözenek boyutlarında değişkenlikler görülür. Dolayısıyla kristal yapıda farklılıklara neden olur. Doğada bilinen 42 farklı zeolit türü vardır. (Örnek, 2006; Margeta ve ark, 2013). Son yıllarda, zeolitlerin adsorpsiyon kapasitesini arttırmak için çeşitli materyaller ile modifikasyonu üzerine çalışmalar yapılmış ve modifikasyonun adsorpsiyon kapasitesi üzerine pozitif etki ettiği belirlenmiştir (Breck, 1974; Bogdanov ve ark, 2009).

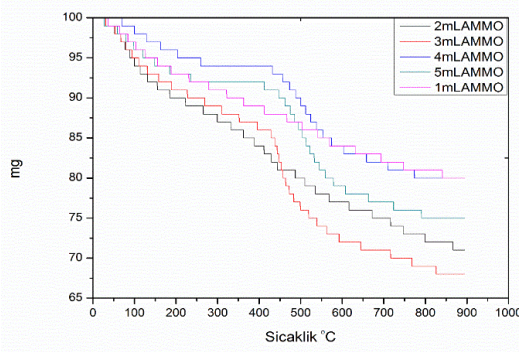
Taguchi yöntemi maliyetini minimum seviyede tutmak için en az sayıda deney yapma prensibine dayanmaktadır. Taguchi yönteminde kontrol edilemeyen faktörlere karşı kontrol edilebilen faktörlerin düzeylerinin en uygun kombinasyonunu seçerek ürün ve süreçteki değişkenliği en aza indirmeye çalışan, değişime neden olan deneysel bir tasarım yöntemidir. Sonuç olarak bu yöntem araştırma ve geliştirme sırasında daha kaliteli, daha yüksek verimli ve düşük maliyetli, hızlı bir şekilde ürün elde edilmesini sağlamaktadır (Erdoğan ve ark., 2008).

Bu çalışmada, öncelikle zeolitin silanlama ile modifikasyonu yapılmış ve analizler sonrasında modifiye edilen zeolit ile Kromsan Metal Sanayii’nden temin edilen atık sular ile birlikte Taguchi’nin “En yüksek-en iyi” performans istatistiği uygulanarak L16 ortogonal dizileri kullanılmış ve sıcaklık, karıştırma hızı, karıştırma süresi ve adsorban miktarı parametreleriyle optimum şartlar belirlenerek Ni, Cu, Cr metallerinin (iyon halde) atık sulardan giderimi incelenmiştir.

Materyal ve Metot

Çalışmamızda adsorban olarak kullanılan Zeolitler Gördes Rota Madencilikten, atık su numuneleri ise Manisa OSB’de Kromsan Metal Kaplama Sanayi firmasından temin edilmiştir. Modifiye edilen zeolitler, Termogravimetrik Analiz (TGA), X Işınları Kırınımı (XRD), Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağılımlı X Işını Spektrometresi (EDX) kullanılarak karakterize edilmiştir. Atık sulardaki ağır metal miktarı ise İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS) ile belirlenmiştir. Tüm analizler, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Deneysel Fen Bilimleri Araştırma Merkezi (DEFAM)’da yapılmıştır.

Zeolit Modifikasyonu



Şekil 1. Optimal modifikasyonun bulunması için farklı AMMO miktarları ile zeolitin modifikasyonu ve zeolitlerin silan modifikasyonu için kullanılan sistem

5 gram Zeolit yaklaşık %30 oranında etil alkol-silan (AMMO) içerisinde disperse edilmiştir. İyi bir silanlama için optimum silan miktarı 3 ml olarak belirlenmiştir (Şekil 1). Zeolit 3-aminopropyltrimethoxysilane (AMMO) ile 90-95 °C sıcaklıkta 500-1000 rpm’de 3 saat reflux yapıldıktan sonra 105 °C etüvde 2 saat kurutuldu. Böylece, silan ile modifiye zeolitler elde edildi.

Taguchi Deneysel Tasarımı

Deneysel tasarım tablosu Tablo 1’de verilmiştir.

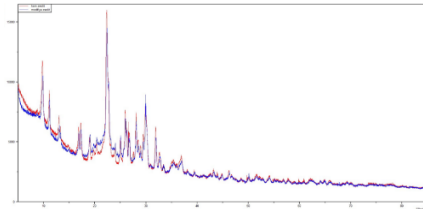
Tablo 1. Taguchi L16 Adsorpsiyon Deney Planı

Deney No	Sıcaklık (°C)	Karıştırma hızı (rpm)	Adsorban mik. (g/mL)	Karıştırma süresi (dk.)
1	20	100	0,35	10
2	20	200	0,75	20
3	20	400	1,50	45
4	20	600	3	90
5	30	100	0,75	45
6	30	200	0,35	90
7	30	400	3	10
8	30	600	1,50	20
9	50	100	1,50	90
10	50	200	3	45
11	50	400	0,35	20
12	50	600	0,75	10
13	70	100	3	20
14	70	200	1,50	10
15	70	400	0,75	90
16	70	600	0,35	45

Bulgular ve Tartışma

Modifiye zeolitin karakterizasyonu

İlk olarak, numunelerin kristal yapıları XRD analizleriyle incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 2’de verilmiştir. Sonuçlar, alüminosilikat yapısına benzer bir maddenin varlığını göstermiştir. $2\theta = 23^\circ$ ve 31° ’deki pikler maksimum şiddete sahiptir ve zeolit varlığını gösterir. Modifikasyon sonrasında, zeolitin piklerinde belirgin bir değişim olmaması zeolitin doğal yapısının korunduğunu kanıtlamaktadır. $2\theta = 20^\circ$ altındaki pikler d-d tabakasını gösterir ve iyon adsorpsiyonu ile değişmektedir.



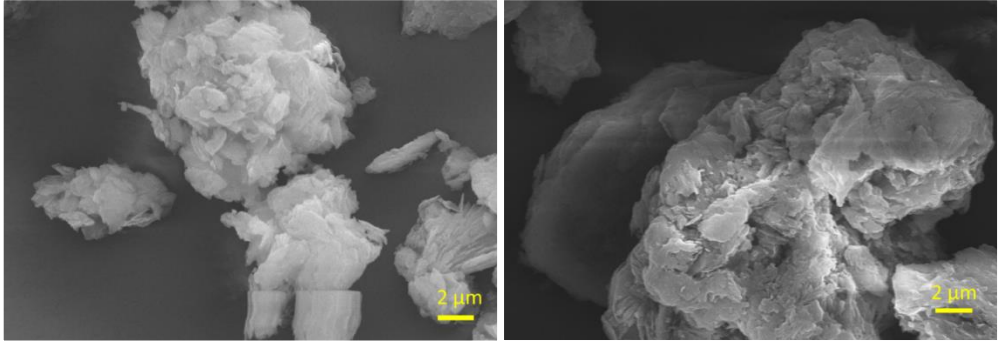
Şekil 2. Zeolitlerin modifikasyon öncesi ve sonrası XRD spektrumları

Sonrasında, EDX analizleri ile numune içerisinde bulunan elementlerin dağılımı belirlenmiştir. EDX analizleri, SEM analizleri ile birlikte gerçekleştirilmiştir. Şekil 5’te ham zeolitteki K, Mg, Ca miktarları zeolitlerin bilinen klinoptilolit doğal zeoliti ile eşleşmektedir. Oksijen miktarı % 48 ile en yüksek orandadır. Bunu Si takip eder. Modifikasyon sonrası beklendiği gibi yüzeydeki Si miktarı artmıştır. Bu yüzeye modifiye edilen AMMO bileşiğinden kaynaklanmaktadır. Aynı oran ile karbon miktarı artmakta ve ilave olarak azot atomu EDX grafiğinde görünür hale gelmektedir. Bu durum modifikasyon işleminin başarılı bir şekilde gerçekleştiğini göstermektedir.

Modifiye zeolit				Ham zeolit			
Element	Weight %	Atomic %	Error %	Element	Weight %	Atomic %	Error %
N K	3.56	5.3	20.42	O K	48.86	64.3	7.67
O K	42.59	55.54	8.11	MgK	1.15	0.99	13.34
MgK	1.27	1.09	12.44	AlK	7.67	5.98	5.55
AlK	8.25	6.38	5.02	SiK	33.12	24.83	3.69
SiK	38.64	28.71	3.47	AuM	2.34	0.25	27.84
K K	2.54	1.36	15.87	K K	2.8	1.51	14.78
CaK	3.15	1.64	13.34	CaK	4.06	2.13	10.75

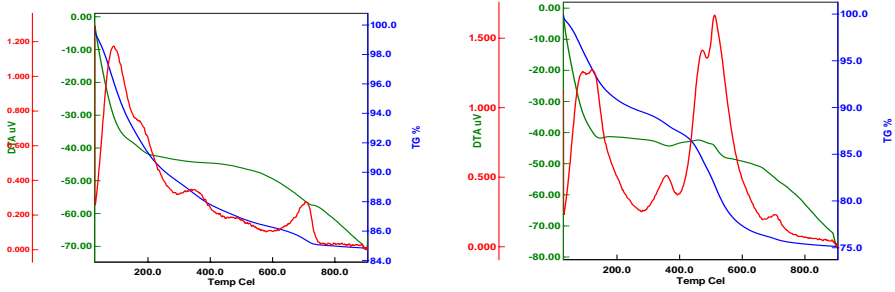
Şekil 3. Modifiye zeolit ve ham zeolit için EDX verileri

Ardından, zeolit numunelerinin SEM analizleri ile yüzey yapıları, morfolojileri, boyutları ve genel özellikleri incelenmiştir. Hazırlanan zeolitlerin EtOH içerisindeki bir solüsyonu karbon yapıştırıcı üzerine damlatılmış ve kurutulduktan sonra yüksek vakumda alınan SEM görüntüleri Şekil 4’te verilmiştir. Ham zeolitte kristal tabakalı bir yapıda ve aglomere olduğu açık bir şekilde gözlenmektedir. Bu aglomerasyon temelinde zeolitlerin basit hidrojen bağları veya solüsyonun uygun olmaması gibi nedenler olabilir. Temel bileşenlerin 2 µm’den büyük olduğu ve yer yer uzamış/kırık parçacıkların da olduğu gözlenmektedir. Modifiye olan zeolitte ise temel olarak yapısal bir farklılık gözlenmemiştir. Ancak modifikasyon sonrası zeolitin kısmen daha büyük yapıları oluşturduğu söylenebilir. Bu temel olarak modifikasyon esnasındaki hidroliz kondenzasyon reaksiyonlarının bir sonucudur. Ortaya birçok silanol, -OH grupları çıktığı için elektrostatik etkileşimler farklı tabakaların yüzeyden birbirlerine tutunmasını sağlayabilir. Bu işlem, XRD özelliklerinde belirgin bir değişikliğe neden olmazken EDX verilerinde ve yüzey özelliklerinde değişim net bir şekilde gözlenmiştir.



Şekil 4. Ham (sol) ve modifiye (sağ) zeolitlerin SEM resimleri

Termogravimetrik analizler 20 °C ısıtma hızı ile azot atmosferinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, modifikasyonun reel bir şekilde gerçekleştiğini göstermektedir (Şekil 5). Ham zeolit için toplam ağırlık kaybı %14’tür. Bu kayıp yapıdaki kristal suyundan ve ayrıca varsa karbonat yapılarının CO₂ şeklinde bozunmasından kaynaklanmış olabilir. Özellikle ~ 600 °C’de artık bozunma sona erdiğinden stabil bir ağırlık gözlenmiştir.



Şekil 5. Ham (sol) ve modifiye (sağ) zeolitlerin TG-DTA grafikleri

Modifiye zeolitın TG-DTA grafiğinde ise, yaklaşık 3 bölgede bozunma gözlenmektedir. Bu bozunmalar ~ 180 °C ye dek uçucu bileşiklerin ortamdan uzaklaşması ile ~ % 8-9 oranında, ~ 200-400 °C arasında % 4-5 oranında bir kayıp şeklinde gözlenmektedir. Bundan sonra da kalan organik gruplar oksidasyon ile ortamdan uzaklaşır ki bu durum 650 °C ye dek devam eder. Bu miktar da ~ % 9-10 oranındadır. Bu noktadan sonra herhangi bir ağırlık kaybı gözlenmez. Toplamda % 25’lik ağırlık kaybı açık bir şekilde zeolit modifikasyonunun başarılı bir şekilde gerçekleştiğini göstermektedir.

Ağır metallerin adsorpsiyonu

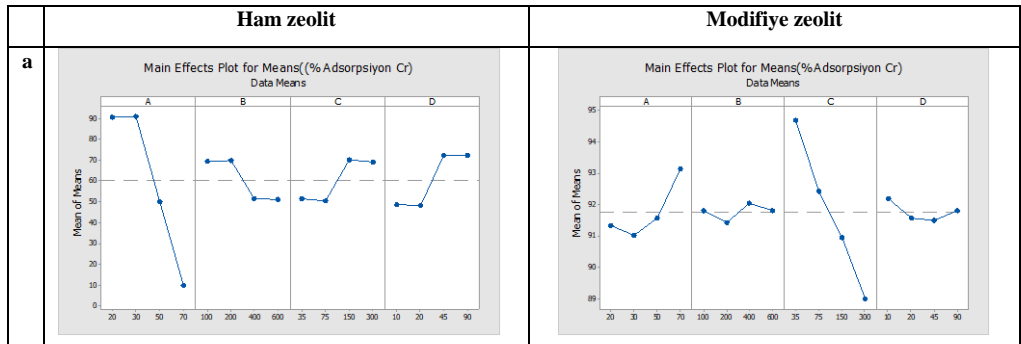
Sırasıyla zeolit ve modifiye zeolit kullanılarak atık sulardaki Cu, Ni ve Cr ağır metallerin giderimi üzerine Tablo 2’deki L16 Taguchi deney modeli kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Ham zeolit ve modifiye zeolit ile yapılan karşılaştırmalı ICP-MS analiz sonuçları çizelge 3’de görüldüğü gibidir.

Tablo 2. Ham zeolit ve modifiye zeolit ile yapılan karşılaştırmalı ICP-MS analiz sonuçları

	Cr mg/L (ppm)		Ni mg/L (ppm)		Cu mg/L (ppm)	
	Ham	Modifiye	Ham	Modifiye	Ham	Modifiye
Ham su	0,0321	0,0321	6,8119	6,8119	0,0371	0,0371
H-1-1	0,0031	0,0018	6,3614	0,0627	0,0265	0,0118
H-1-2	0,0033	0,0028	5,6006	0,0327	0,0266	0,0257
H-1-3	0,0028	0,0030	2,4487	0,0075	0,0013	0,0243
H-1-4	0,0027	0,0035	0,6075	0,0655	0,0001	0,0649
H-1-5	0,0027	0,0026	3,9603	0,0437	0,0034	0,0149
H-1-6	0,0028	0,002	2,502	0,0605	0,0031	0,0122
H-1-7	0,003	0,0036	2,2866	0,1982	0,0083	0,1607
H-1-8	0,003	0,0033	2,5369	0,0247	0,0019	0,0310
H-1-9	0,0024	0,0030	0,4034	0,0544	0,0023	0,0814
H-1-10	0,0028	0,0039	1,2344	0,2383	0,0124	0,2398
H-1-11	0,029	0,0016	3,5503	0,0981	0,0036	0,0142
H-1-12	0,0298	0,0023	3,6366	0,0906	0,0042	0,0393
H-1-13	0,031	0,0031	0,2625	0,0993	0,0090	0,1100
H-1-14	0,0299	0,0023	0,2324	0,0488	0,0070	0,0448
H-1-15	0,0276	0,0020	0,0185	0,0293	0,0015	0,0128
H-1-16	0,0272	0,0014	0,0787	0,055	0,0030	0,0066

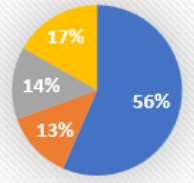
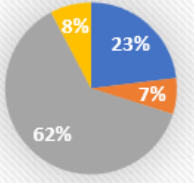
Varyans Analizi ve Optimum koşulların belirlenmesi

Ham ve modifiye zeolitlerin metallerin adsorpsiyonu üzerine etkili olan parametreleri ve onların güven aralıklarını tespit etmek için varyans analizi yapılmıştır.



Şekil 6. Ham ve modifiye zeolit ile Cr adsorpsiyonu için (a) Parametre etkileri, (b) Etki grafiği, (c) Varyans analizi, (d) Optimum koşullar

“Mühendislik, Fen ve Sağlık Bilimleri’nde AR-GE ve İnovasyon Çalışmaları”

b	 <p>■ Sıcaklık (°C) ■ Karıştırma hızı (rpm) ■ Adsorban mik. (g/mL) ■ Karıştırma süresi (dk.)</p>	 <p>■ Sıcaklık (°C) ■ Karıştırma hızı (rpm) ■ Adsorban mik. (g/mL) ■ Karıştırma süresi (dk.)</p>																																																																																				
c	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parametreler</th> <th>Serbestlik Derecesi (SD_i)</th> <th>Kareler Toplamı (SS_i)</th> <th>Kareler Ortalaması (MS_i)</th> <th>F</th> <th>Etkinlik</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A) Sıcaklık (°C)</td> <td>3</td> <td>36115,1</td> <td>12038,4</td> <td>55,33</td> <td>Etkin</td> </tr> <tr> <td>B) Karıştırma Hızı (devir/dakika)</td> <td>3</td> <td>2691,3</td> <td>897,1</td> <td>4,12</td> <td>Etkin</td> </tr> <tr> <td>C) Adsorban miktarı (g/ml)</td> <td>3</td> <td>2791,8</td> <td>930,6</td> <td>4,28</td> <td>Etkin</td> </tr> <tr> <td>D) Karıştırma süresi (dk)</td> <td>3</td> <td>4528,6</td> <td>1509,5</td> <td>6,94</td> <td>Etkin</td> </tr> <tr> <td>Hata</td> <td>19</td> <td>4134,1</td> <td>217,6</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Toplam</td> <td>31</td> <td>50260,9</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Parametreler	Serbestlik Derecesi (SD _i)	Kareler Toplamı (SS _i)	Kareler Ortalaması (MS _i)	F	Etkinlik	A) Sıcaklık (°C)	3	36115,1	12038,4	55,33	Etkin	B) Karıştırma Hızı (devir/dakika)	3	2691,3	897,1	4,12	Etkin	C) Adsorban miktarı (g/ml)	3	2791,8	930,6	4,28	Etkin	D) Karıştırma süresi (dk)	3	4528,6	1509,5	6,94	Etkin	Hata	19	4134,1	217,6			Toplam	31	50260,9				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parametreler</th> <th>Serbestlik Derecesi (SD_i)</th> <th>Kareler Toplamı (SS_i)</th> <th>Kareler Ortalaması (MS_i)</th> <th>F</th> <th>Etkinlik %95</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A) Sıcaklık (°C)</td> <td>3</td> <td>21,007</td> <td>7,0025</td> <td>46,48</td> <td>Etkin</td> </tr> <tr> <td>B) Karıştırma Hızı (devir/dakika)</td> <td>3</td> <td>1,601</td> <td>0,5337</td> <td>3,54</td> <td>Etkin</td> </tr> <tr> <td>C) Adsorban mik(g/ml)</td> <td>3</td> <td>138,22</td> <td>46,0741</td> <td>305,82</td> <td>Etkin</td> </tr> <tr> <td>D) Karıştırma süresi (dk)</td> <td>3</td> <td>2,377</td> <td>0,7924</td> <td>5,26</td> <td>Etkin</td> </tr> <tr> <td>Hata</td> <td>19</td> <td>2,862</td> <td>0,1507</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Toplam</td> <td>31</td> <td>50260,9</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Parametreler	Serbestlik Derecesi (SD _i)	Kareler Toplamı (SS _i)	Kareler Ortalaması (MS _i)	F	Etkinlik %95	A) Sıcaklık (°C)	3	21,007	7,0025	46,48	Etkin	B) Karıştırma Hızı (devir/dakika)	3	1,601	0,5337	3,54	Etkin	C) Adsorban mik(g/ml)	3	138,22	46,0741	305,82	Etkin	D) Karıştırma süresi (dk)	3	2,377	0,7924	5,26	Etkin	Hata	19	2,862	0,1507			Toplam	31	50260,9			
Parametreler	Serbestlik Derecesi (SD _i)	Kareler Toplamı (SS _i)	Kareler Ortalaması (MS _i)	F	Etkinlik																																																																																	
A) Sıcaklık (°C)	3	36115,1	12038,4	55,33	Etkin																																																																																	
B) Karıştırma Hızı (devir/dakika)	3	2691,3	897,1	4,12	Etkin																																																																																	
C) Adsorban miktarı (g/ml)	3	2791,8	930,6	4,28	Etkin																																																																																	
D) Karıştırma süresi (dk)	3	4528,6	1509,5	6,94	Etkin																																																																																	
Hata	19	4134,1	217,6																																																																																			
Toplam	31	50260,9																																																																																				
Parametreler	Serbestlik Derecesi (SD _i)	Kareler Toplamı (SS _i)	Kareler Ortalaması (MS _i)	F	Etkinlik %95																																																																																	
A) Sıcaklık (°C)	3	21,007	7,0025	46,48	Etkin																																																																																	
B) Karıştırma Hızı (devir/dakika)	3	1,601	0,5337	3,54	Etkin																																																																																	
C) Adsorban mik(g/ml)	3	138,22	46,0741	305,82	Etkin																																																																																	
D) Karıştırma süresi (dk)	3	2,377	0,7924	5,26	Etkin																																																																																	
Hata	19	2,862	0,1507																																																																																			
Toplam	31	50260,9																																																																																				
<p>Sıcaklık; 30 °C Karıştırma hızı; 200 rpm Adsorban miktarı; 1,5g/100 ml Karıştırma süresi; 45 dk</p>	<p>Sıcaklık; 70 °C Karıştırma hızı; 400 rpm Adsorban miktarı; 0,35g/100ml Karıştırma süresi; 10 dk</p>																																																																																					

	Ham zeolit						Modifiye zeolit																																																																																									
a																																																																																																
b	<p>■ Sıcaklık (°C) ■ Karıştırma hızı (rpm) ■ Adsorbant mik. (g/mL) ■ Karıştırma süresi (dk.)</p>						<p>■ Sıcaklık (°C) ■ Karıştırma hızı (rpm) ■ Adsorbant mik. (g/mL) ■ Karıştırma süresi (dk.)</p>																																																																																									
c	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parametreler</th> <th>Serbestlik Derecesi (SD_i)</th> <th>Kareler Toplamı (SS_i)</th> <th>Kareler Ortalaması (MS_i)</th> <th>F</th> <th>Etkinlik</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A Sıcaklık (°C)</td> <td>3</td> <td>12084</td> <td>4028,01</td> <td>330,67</td> <td>Etkin</td> </tr> <tr> <td>B Karıştırma Hızı (devir/dakika)</td> <td>3</td> <td>1004,3</td> <td>334,76</td> <td>27,48</td> <td>Etkin</td> </tr> <tr> <td>C Adsorbant mik(g/ml)</td> <td>3</td> <td>6746,3</td> <td>2248,76</td> <td>184,61</td> <td>Etkin</td> </tr> <tr> <td>D Karıştırma süresi(dk)</td> <td>3</td> <td>5666,9</td> <td>1888,97</td> <td>155,07</td> <td>Etkin</td> </tr> <tr> <td>Hata</td> <td>19</td> <td>231,4</td> <td>12,18</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Toplam</td> <td>31</td> <td>25733</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Parametreler	Serbestlik Derecesi (SD _i)	Kareler Toplamı (SS _i)	Kareler Ortalaması (MS _i)	F	Etkinlik	A Sıcaklık (°C)	3	12084	4028,01	330,67	Etkin	B Karıştırma Hızı (devir/dakika)	3	1004,3	334,76	27,48	Etkin	C Adsorbant mik(g/ml)	3	6746,3	2248,76	184,61	Etkin	D Karıştırma süresi(dk)	3	5666,9	1888,97	155,07	Etkin	Hata	19	231,4	12,18			Toplam	31	25733				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parametreler</th> <th>Serbestlik Derecesi (SD_i)</th> <th>Kareler Toplamı (SS_i)</th> <th>Kareler Ortalaması (MS_i)</th> <th>F</th> <th>Etkinlik</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A Sıcaklık (°C)</td> <td>3</td> <td>5,9810</td> <td>1,99365</td> <td>42,22</td> <td>Etkin</td> </tr> <tr> <td>B Karıştırma Hızı (devir/dakika)</td> <td>3</td> <td>1,4262</td> <td>0,47539</td> <td>10,07</td> <td>Etkin</td> </tr> <tr> <td>C Adsorbant mik(g/ml)</td> <td>3</td> <td>13,9181</td> <td>4,63936</td> <td>98,24</td> <td>Etkin</td> </tr> <tr> <td>D Karıştırma süresi(dk)</td> <td>3</td> <td>2,3938</td> <td>0,79793</td> <td>16,90</td> <td>Etkin</td> </tr> <tr> <td>Hata</td> <td>19</td> <td>0,8973</td> <td>0,04722</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Toplam</td> <td>31</td> <td>24,6162</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Parametreler	Serbestlik Derecesi (SD _i)	Kareler Toplamı (SS _i)	Kareler Ortalaması (MS _i)	F	Etkinlik	A Sıcaklık (°C)	3	5,9810	1,99365	42,22	Etkin	B Karıştırma Hızı (devir/dakika)	3	1,4262	0,47539	10,07	Etkin	C Adsorbant mik(g/ml)	3	13,9181	4,63936	98,24	Etkin	D Karıştırma süresi(dk)	3	2,3938	0,79793	16,90	Etkin	Hata	19	0,8973	0,04722			Toplam	31	24,6162			
Parametreler	Serbestlik Derecesi (SD _i)	Kareler Toplamı (SS _i)	Kareler Ortalaması (MS _i)	F	Etkinlik																																																																																											
A Sıcaklık (°C)	3	12084	4028,01	330,67	Etkin																																																																																											
B Karıştırma Hızı (devir/dakika)	3	1004,3	334,76	27,48	Etkin																																																																																											
C Adsorbant mik(g/ml)	3	6746,3	2248,76	184,61	Etkin																																																																																											
D Karıştırma süresi(dk)	3	5666,9	1888,97	155,07	Etkin																																																																																											
Hata	19	231,4	12,18																																																																																													
Toplam	31	25733																																																																																														
Parametreler	Serbestlik Derecesi (SD _i)	Kareler Toplamı (SS _i)	Kareler Ortalaması (MS _i)	F	Etkinlik																																																																																											
A Sıcaklık (°C)	3	5,9810	1,99365	42,22	Etkin																																																																																											
B Karıştırma Hızı (devir/dakika)	3	1,4262	0,47539	10,07	Etkin																																																																																											
C Adsorbant mik(g/ml)	3	13,9181	4,63936	98,24	Etkin																																																																																											
D Karıştırma süresi(dk)	3	2,3938	0,79793	16,90	Etkin																																																																																											
Hata	19	0,8973	0,04722																																																																																													
Toplam	31	24,6162																																																																																														

Sıcaklık; 70 °C Karıştırma hızı; 600 rpm Adsorban miktarı; 0,3 g/100 ml Karıştırma süresi; 90 dk	Sıcaklık; 20 °C Karıştırma hızı; 600 rpm Adsorban miktarı; 1,5 g/100ml Karıştırma süresi; 90 dk
---	--

Şekil 7 Ham ve modifiye zeolit ile Ni adsorpsiyonu için (a) Parametre etkileri, (b) Etki grafiği, (c) Varyans analizi, (d) Optimum koşullar

Cr, Ni ve Cu için varyans analizleri değerlendirilirken, deneysel olarak bulunan $F_{Deneyse}$ değerleri ile teorik $F_{Çizelge}$ değerleri karşılaştırılarak parametrelerin etkinlikleri tespit edilmiştir. Eğer $F_{Deneyse} > F_{Çizelge}$ ise, ilgili parametre etkindir, değilse parametre etkin değildir. Buna göre, her iki adsorbanın kullanıldığı durumda da, %5 lik hata payına göre tüm parametreler etkindir. Elde edilen sonuçlar genel bir şekilde değerlendirildiğinde, Cr, Cu, Ni adsorpsiyonuna ham zeolit kullanıldığında en çok sıcaklık, modifiye zeolit kullanıldığında ise en çok adsorban miktarının etkili olduğu belirlenmiştir.

	Ham zeolit	Modifiye zeolit																																				
a																																						
b																																						
c	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parametreler</th> <th>Serbestlik Derecesi (SD_i)</th> <th>Kareler Toplamı (SS_i)</th> <th>Kareler Ortalaması (MS_i)</th> <th>F</th> <th>Etkinlik</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A Sıcaklık (°C)</td> <td>3</td> <td>332,37</td> <td>1107,89</td> <td>8,87</td> <td>Etkin</td> </tr> <tr> <td>B Karıştırma Hızı (devir/dakika)</td> <td>3</td> <td>417,10</td> <td>1390,35</td> <td>11,13</td> <td>Etkin</td> </tr> </tbody> </table>	Parametreler	Serbestlik Derecesi (SD _i)	Kareler Toplamı (SS _i)	Kareler Ortalaması (MS _i)	F	Etkinlik	A Sıcaklık (°C)	3	332,37	1107,89	8,87	Etkin	B Karıştırma Hızı (devir/dakika)	3	417,10	1390,35	11,13	Etkin	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parametreler</th> <th>Serbestlik Derecesi (SD_i)</th> <th>Kareler Toplamı (SS_i)</th> <th>Kareler Ortalaması (MS_i)</th> <th>F</th> <th>Etkinlik %95</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A Sıcaklık (°C)</td> <td>3</td> <td>683,65</td> <td>2278,85</td> <td>28,17</td> <td>Etkin</td> </tr> <tr> <td>B Karıştırma Hızı (devir/dakika)</td> <td>3</td> <td>110,49</td> <td>368,28</td> <td>4,55</td> <td>Etkin</td> </tr> </tbody> </table>	Parametreler	Serbestlik Derecesi (SD _i)	Kareler Toplamı (SS _i)	Kareler Ortalaması (MS _i)	F	Etkinlik %95	A Sıcaklık (°C)	3	683,65	2278,85	28,17	Etkin	B Karıştırma Hızı (devir/dakika)	3	110,49	368,28	4,55	Etkin
Parametreler	Serbestlik Derecesi (SD _i)	Kareler Toplamı (SS _i)	Kareler Ortalaması (MS _i)	F	Etkinlik																																	
A Sıcaklık (°C)	3	332,37	1107,89	8,87	Etkin																																	
B Karıştırma Hızı (devir/dakika)	3	417,10	1390,35	11,13	Etkin																																	
Parametreler	Serbestlik Derecesi (SD _i)	Kareler Toplamı (SS _i)	Kareler Ortalaması (MS _i)	F	Etkinlik %95																																	
A Sıcaklık (°C)	3	683,65	2278,85	28,17	Etkin																																	
B Karıştırma Hızı (devir/dakika)	3	110,49	368,28	4,55	Etkin																																	

	C	Adsorb an mik(g/ml)	3	133 9,3	446,4 5	3,5 7	Etki n		C	Adsorb an mik(g/ml)	3	735 9,5	2453, 15	30, 33	Etki n
	D	Karıştır ma süresi(d k)	3	362 3,6	1207, 85	9,6 7	Etki n		D	Karıştır ma süresi(d k)	3	725 7,2	2419, 07	29, 91	Etki n
		Hata	19	237 3,2	127,9 0					Hata	19	153 6,9	80,89		
		Toplam	31	148 30						Toplam	31	240 95,0			
Sıcaklık; 30 °C Karıştırma hızı; 600 rpm Adsorbant miktarı; 1,5 g/100 ml Karıştırma süresi; 90 dk							Sıcaklık; 50 °C Karıştırma hızı; 100 rpm Adsorbant miktarı; 3 g/100ml Karıştırma süresi; 10 dk								
Şekil 8. Ham ve modifiye zeolit ile Cu adsorpsiyonu için (a) Parametre etkileri, (b) Etki grafiği, (c) Varyans analizi, (d) Optimum koşullar															

Sonuç

Bu çalışmada, metal ve kaplama sanayi atık sularındaki Cr, Ni ve Cu ağır metallerinin giderimi adsorbant olarak zeolit ve modifiye zeolit kullanarak gerçekleştirilmiş ve Kromsan Metal Sanayii A.Ş.’den temin edilen atık sularda Cr, Ni ve Cu konsantrasyonları ICP-MS ile belirlenmiştir. Sonrasında zeolit organosilan olan AMMO ile modifiye edilmiş ve XRD, SEM, EDX ve TGA ile karakterize edilmiştir. Optimum şartlardaki ağır metal giderimleri değerlendirildiğinde, AMMO ile modifiye edilmiş zeolitler doğal zeolitlere göre yaklaşık 1000 kat daha iyi adsorpsiyon göstermiştir.

Teşekkür

Bu çalışma Manisa Celal Bayar Üniversitesi BAP birimi tarafından 2019-21 nolu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı MCBÜ Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimine teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Bogdanov B., Georgiev D., Angelova K., Yaneva, K. (2009). Natural zeolites: clinoptilolite review. International Science Conference. Stara Zagora, Bulgaristan.
- Brar S.K. (2011). Hazardous Materials: Types, Risks and Control, Nova Science Publishers, New York, pp 157-186.
- Breck D.W. (1974). Zeolite Molecular Sieves: Structure, Chemistry and Use. J. Wiley & Sons Inc., New York, USA, pp 784.
- Erdoğan B, Sakızcı M, Yörükoğulları E, (2008). Characterization ve ethylene adsorption of natural ve modified clinoptilolites. Applied Surface Science, 254: 2450–2457.

- Kahvecioğlu Ö, Kartal G, Güven A, Timur S, (2003). Metallerin Çevresel Etkileri-1, İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Metalurji Dergisi, 136: 47-53.
- Margeta K, Logar NZ, Siljeg M, Farkas A, (2013). Natural Zeolites in Water Treatment – How Effective is Their Use By (Edited by Walid Elshorbagy ve Rezaul Kabir Chowdhury, McKay G. (1996). Use of Adsorbents for the Removal of Pollutants from Wastewaters, CRC Press, USA, pp.50-54.
- Öz B. (2012). Doğal Zeolitlerin Modifiye Edilmesiyle Elde Edilen Anyonik Reçinelerin Sulardaki Bazı Metal İyonlarının Gideriminde Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi. Hitit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çorum, Türkiye.
- Özkan G. (2009). Endüstriyel Bölge Komşuluğunda Kıyısal Kırsal Alandaki Hava Kalitesi; Muallimköy’de Partikül Maddede ve Topraktaki Ağır Metal Kirliliği. Yüksek Lisans Tezi. GYTE Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- ISBN 978-953-51-0928-0 "Water Treatment", Book, Chapter 5, DOI: 10.5772/50738)
- Örnek, A. (2006). Modifiye Edilmiş Meşe Palamudu Posası İle Pb²⁺, Zn²⁺ Ve Cd²⁺ İyonlarının Adsorpsiyonu. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye.
- Siegel F.R. (2002). Environmental Geochemistry of Potential Toxic Metals, Verlag Berlin Heidelberg, New York, pp 45-49.

Eşzamanlı Ekstrüzyon Prosesleri Uygulamaları ile Karavan Güç Aktarma Elemanlarının Proses Tasarımı Geliştirilmesi

Selen Susuz¹, İlter Kilerci¹, Engin Yöndem¹, Osman Çulha²

¹EKO Endüstri Kalıp Otomotiv Plastik ve Spor Aletleri San. Dış Tic. Ltd. Şti.,
Tasarım Merkezi, İzmir-Kemalpaşa Türkiye

²Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve
Malzeme Mühendisliği Bölümü, Manisa, Türkiye

Giriş

Dövme prosesi, 4000 yıldan daha eski bir geçmişe sahip olan bir üretim yöntemidir ve soğuk, ılık ve sıcak olmak üzere çeşitli sıcaklık aralıklarında uygulanabilir. Soğuk dövme, yüksek baskı kuvvetlerine maruz kalan iş parçalarının kalıplar aracılığıyla şekillendirilmesini içerir. Bu yöntem, nihai ürünün yüksek ölçüsel hassasiyetine sahip olmasını, talaşlı imalat gerektirmemesini ve düşük yüzey pürüzlülüğüne sahip olmasını sağlar. Ayrıca, soğuk deformasyon süreçlerinde meydana gelen pekleşme etkisi sayesinde yüksek mukavemet özellikleri elde edilir (Lee, 2003), bu da özellikle otomotiv endüstrisinde tercih edilen bir üretim yöntemidir. Ancak, soğuk dövme tekniğinde iş parçasının kalıplara etki eden kuvvetin kesit değişimi bazında yüksek olması, kalıp servis ömürlerini ılık ve sıcak dövme tekniklerine kıyasla azaltır. Bu durum, kalıp servis ömrünün düşük olması, soğuk dövme tekniği kullanarak faaliyet gösteren üreticilerin maliyetlerini artırabilir. Bu durum, ticari faaliyetlerini sürdüren üreticileri, üretilebilirlik ve pazarlama stratejileri açısından rakiplerine kıyasla dezavantajlı bir konuma sokabilir. Dövme endüstrisinde kullanılan kalıpların servis ömrüne etkileyen faktörlerin çok sayıda ve birbirleri ile karmaşık bir etkileşimde bulunmasından dolayı, tekniğin hala geliştirme faaliyetlerine olan ihtiyacını ortaya koymaktadır (Altan, T., 1996). Soğuk dövme üretim yönteminde ürün geometrisine ve iş parçası hammadde cinsine bağlı olarak birim şekil değiştirme için gereken kuvvet yüksek olduğundan, kalıplara etkileyen kuvvetler yüksek seviyelerde meydana gelmekte bu sebepten de soğuk dövme kalıplarının ömürleri diğer dövme yöntemlerine göre düşüktür (Altan, T., 2005). Birim deformasyon için gerekli dövme kuvvetinin soğuk dövme tekniğinde yüksek oluşu sebebi ile kalıplarda yüksek oranda oluşan gerilmelerin yüzey işlem prosesleri ile düşürülmesi sağlanarak kalıp servis ömürleri bir miktar artırılabilir de, sonlu elemanlar metodu destekli simülasyon yazılımları vasıtasıyla tasarımların doğrulanmasını içeren bir döngüde yürütülen tasarım geliştirme faaliyetleri ile kalıp servis ömürlerinin artırılabilmesi mümkün olmakla birlikte, deneme yanılma temelli geleneksel geliştirme faaliyetlerinin yürütülmesinin gerekliliği ortadan kalktığından ürün devreye alma süreçleri için harcanan kaynakların ve üretim maliyetlerinin azaltılması sağlanabilmektedir (Şimşir, C.,1950).

Firmamız, küresel karavan pazarında en büyük şasi ve yürüyen aksam üreticisi olarak öne çıkan bir işletme ile Porya mili soğuk dövme operasyon tasarımını gerçekleştirmek amacıyla iş birliği yapmıştır. Bu süreçte, simülasyon teknolojileri ve malzeme seçimi aşamalarını başarıyla

geçerek tamamlanmıştır. Tasarım ve geliştirme faaliyetlerinde tekil ekstrüzyon prosesleri ile soğuk dövme üretimindeki yüksek üretim maliyetinin düşürülmesi ve düşük verimliliğinin artırılması amacı ile eşzamanlı ekstrüzyon proses tasarımları gerçekleştirilmiştir. Soğuk dövme tekniğinde deformasyon oranlarının sıcak dövmeye kıyasla düşük olması nedeniyle, deformasyon operasyon sayıları artar. Bu proje kapsamında, iş parçası hammadde değişimi olmadan, kesit bazında farklı deformasyon oranlarına sahip bölgelerin eşzamanlı olarak deforme edilmesiyle operasyon adım sayısı azaltılmış ve son ürünün mekanik mukavemeti artırılmıştır.

Materyal ve Metot

Bu çalışma kapsamında kimyasal kompozisyonu ve mekanik özellikleri aşağıdaki tablolarda gösterilmekte olan C35 sementasyon çeliği kullanılmıştır. Malzeme mekanik mukavemet değerlerinin doğrulanması amacı ile hammadde üzerinden alınan örneklerden çekme testleri ve sertlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sertlik testi için, yüzey hazırlama işlemlerinin ardından HB sertlik cihazı ile test gerçekleştirilmiştir. Tabor eşitliği kullanılarak teorik olarak çekme mukavemeti hesaplanmış, gerçek çekme mukavemet değerleri ile karşılaştırılmıştır (Tabor D (1951) The hardness of metals. Clarendon Press, Oxford). Teorik hesaplamalar, gerçek değerlerle %94,87 oranında örtüşmektedir.

Tablo1. Malzeme mekanik mukavemet değerleri

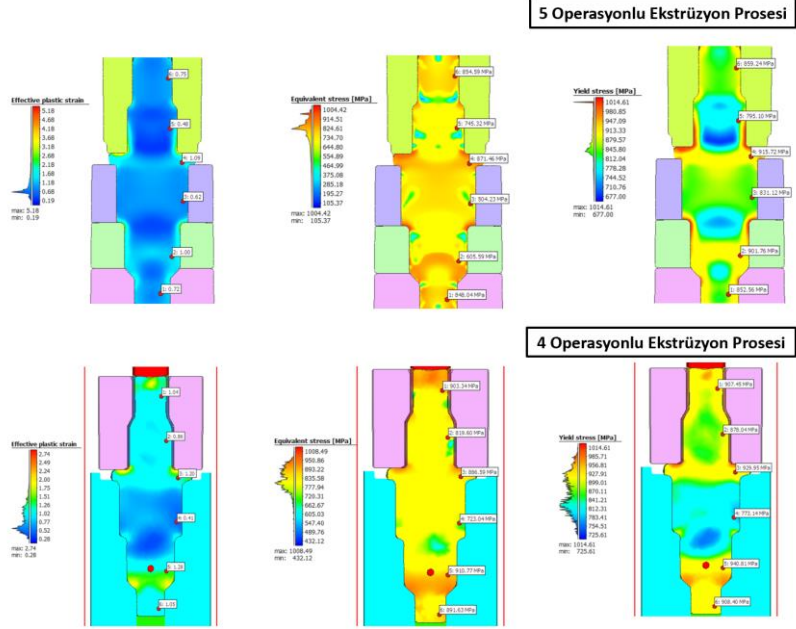
	Akma Mukavemeti (MPa)	Çekme Mukavemeti (MPa)	% Uzama	Sertlik HB
C35	396	575	26,6	149
	411	591	22,4	156
	407	584	25,4	156
	387	568	26,2	152

Tablo2. Kimyasal Kompozisyon (Kütlece %)

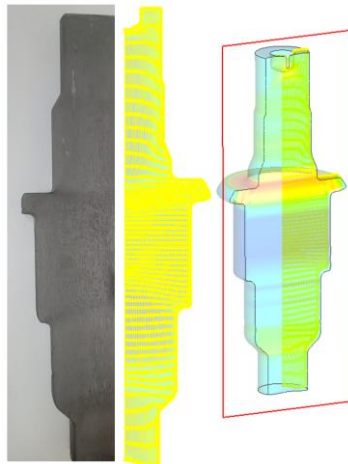
Hammadde									
Elementler	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu
C35	0,32	<0,25	0,5	<0,03	0,018	<0,25	<0,1	<0,25	<0,15
	0,39		0,8		0,025				

Deneme üretimi gerçekleştirilen yeni tasarım simülasyon programında imal edilmeden önce incelenmiştir. Simülasyonda eski ve yeni tasarımlar ayrı ayrı ele alınmış ve bazı kıyaslamalar yapılmıştır. Şekil 1’te gösterilen simülasyon sonuçlarında deformasyon miktarı, eşdeğer gerilme ve akma mukavemetleri ele alınmıştır. İnceleme sonrasında son operasyon kuvvet altında ele alınan değerlerde deformasyon miktarının benzer noktalarda 4 Operasyonlu Ekstrüzyon

Prosesinde arttığı gözlemlenmiştir. Akma mukavemet değerlerindeki artışta ürünün daha mukavim bir yapı kazandığı sonucunu göstermektedir. Simülasyon çıktılarından doğrulanabilmesi için daha sonra her iki operasyona ait birer numunede sertlikler incelenmiş ve sonuç doğrulanmıştır. Şekil2’de gösterildiği gibi simülasyon çıktısından elde edilen akış çizgileri makro dağlama ile incelendiğinde herhangi bir katlanmanın olmadığı gözlemlenmiştir.

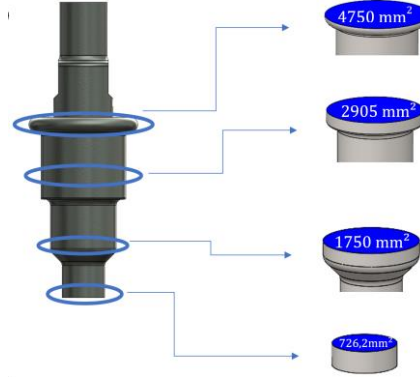


Şekil1. 5 Operasyonlu Dövme Prosesi ve 4 Operasyonlu Dövme Prosesi Simülasyon Çıktı Sonuçlarının Kıyaslaması



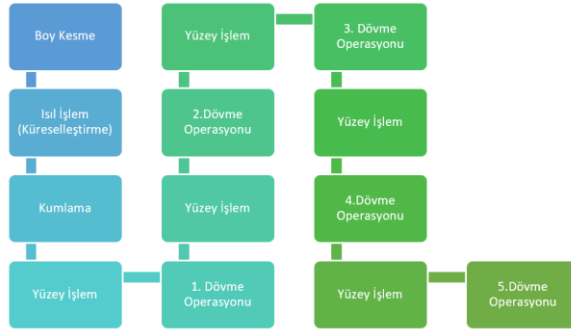
Şekil2. Makro Dağlama Yapılan Yeni Tasarıma Ait Ürün Akış Çizgileri ile Simülasyondan elde edilen Akış Çizgilerinin Kıyaslanması

Şekil3’te gösterilen iş parçası farklı çap geçişlerine sahiptir. Bu çap geçişleri belli bir çap düşürme oranına göre dövmeğe maruz bırakılmalıdır. Aksi halde istenmeyen kusurlar, tonaj artmasından kaynaklı pres zorlanması gibi problemler ile karşılaşılabilir.

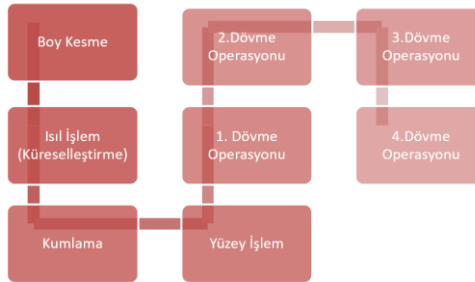


Şekil3. İş parçası kesit alanları

Mevcut operasyon sayısına ait iş akışı Şekil4’te gösterildiği gibi toplamda 5 dövme operasyonu, 1 ısıt işlemler, 1 kumlama ve 5 yüzey işlemler operasyonu ile gerçekleştirilmektedir.



Şekil4. Tekil Proses İş Akışı



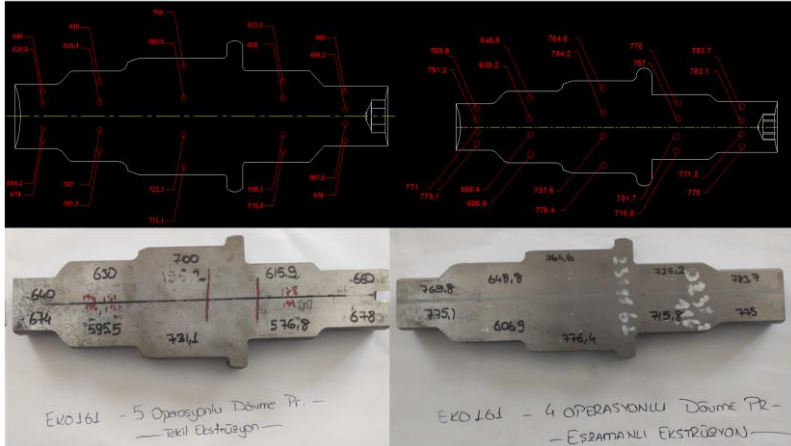
Şekil5. Eş Zamanlı Ekstrüzyon Proses İş Akışı

Tasarım iyileştirmesi sonucu elde edilen ürüne ait iş akışı Şekil5’te gösterilmektedir. Eş zamanlı ekstrüzyon ile üretimi gerçekleştirilen ürün başlangıçta mevcut prosesteki gibi dövme öncesi ısıtma işlemi, kumlama ve yüzey işlem ara operasyonları ile dövme operasyonuna hazırlanmıştır. Birinci dövme ile başlayan dövme operasyonları ara operasyon yapılmaksızın art arda ikinci, üçüncü ve dördüncü dövme operasyonları gerçekleştirilmiştir. Burada operasyonlar arası geçişte farklı redüksiyon oranları ile tasarlanan kalıplarda geçiş esnasında dövülebilirliği açısından herhangi bir aksama yaşanmadan dövme işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca sürtünmenin azaltılabilmesi için kalıplarda özel bir kaplama kullanılmıştır.

Tablo3. İleri Ekstrüzyon Prosesi Teorik Hesaplamaları

Ekstrüzyon Oranı	$R = \frac{A0^2}{A1^2}$ $r = \frac{D0^2 - D1^2}{D0^2} < 0,31$
Redüksiyon Oranı	$r = \frac{A0 - A1}{A0}$
Kafa Şişirmede Etkiyen Yük	$L = \frac{\pi}{4} d_f^2 \sigma_f \left(1 + \frac{md_1}{3\sqrt{3}h_1} \right)$
İleri Ekstrüzyonda Basınç	$P = A_0 \times \sigma_f \times \ln R + \frac{2}{3} \alpha \times A_0 \times \sigma_f + \frac{A_0 \times \sigma_f \times \ln R \times \mu}{\cos \alpha \times \sin \alpha} + \pi \times L \times \sigma_f \times \mu$

Tablo3’te verilen teorik hesaplamalar sonucu gerçekleştirilen tasarım değişikliği eş zamanlı ekstrüzyon prosesi sonucunda yüzey işlem dövme ara operasyon sayısı teke düşürülmüştür. Burada zamandan kazanç hem ara operasyonun azaltılması hem de eş zamanlı ekstrüzyon sonucu elde edilmiştir. Her iki prosesten elde edilen üründe sertlik incelenmiş olup dövme sayısının azaltılması sonucunda daha hızlı deformasyona maruz kalan dövme iş parçasının bitmiş üründe sertliğinin arttığı gözlemlenmiştir. Kıyaslamalar Şekil7’te verilmiştir.



Şekil7. 5 Operasyonlu Dövme Sonrası Sertlik İncelemesi, 4 Operasyonlu Dövme Sonrası Sertlik İncelemesi

Bulgular ve Tartışma

Firmamız, global karavan pazarının en büyük şasi ve yürüyen aksam üreticisi olan bir işletme ile iş birliği yaparak Porya mili soğuk dövme operasyon tasarımını gerçekleştirmiştir. Bu süreçte, simülasyon teknolojileri ve malzeme seçimi aşamalarını başarıyla tamamlayarak tasarım ve geliştirme faaliyetlerini sonlandırmıştır.

Yüksek üretim maliyeti ve düşük verimlilik sorunlarına odaklanarak, tekil ekstrüzyon prosesleri ile soğuk dövme üretiminde eşzamanlı ekstrüzyon proses tasarımları gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşımın bir avantajı olarak, dövme operasyon adedi azaltılarak ürün mukavemet değerlerinin planlı bir şekilde yükseltilmesi ve ürün bazında katma değer artışı sağlanmıştır.

İnovasyon çalışmaları kapsamında, eşzamanlı ekstrüzyon yöntemi kullanılarak zaman, maliyet ve işçilik kayıpları önlenmiş; aynı zamanda üretim kapasitesi ve verimlilik artırılmıştır. Ayrıca, tek bir operasyon çevrim süresi içinde 4 alt ve 4 üst kalıp kullanılarak 4 farklı ürünün üretimi mümkün hale getirilmiştir. Bu yaklaşım, mevcut imalat alanında yenilikçi bir proses tasarımı elde edilmesini sağlamıştır.

Kaynakça

Lee, R. S., Jou, J.L. (2003) Application of numerical simulation for wear analysis of warm forging die, *Journal of Materials Processing Technology*, 140(1), 43-48.

Altan, T., O’Connell, M., Painter, B., Maul, G. (1996). Flashless Closed-Die Upset Forging-Load Estimation for Optimal Cold Header Selection, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol 59, No. 1–2, p 81–94

Altan, T., Ngaile; G., Shen, G. (2005). *Cold and Hot Forging: Fundamentals and Applications*, ISBN 978-1-62708-300-3

Siebel, E. (1950). *Fundamentals and Concepts of Forming*, *Werkstattstechnik and Maschienbau*, Vol 40, 1950, p 373 (in German).

Şimşir, C., Duran, D. (2018). A flow stress model for steel in cold forging process range and the associated method for parameter identification. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(9-12), 3795-3808.

Tabor D (1951) *The Hardness of Metals*. Clarendon Press, Oxford

PMSM Design and Analysis with Segmented Stator for Use in Dryer Machines

Samet Gelme, Caner Korel, Sema Yılmaz

Arçelik A.Ş., WGM R&D Dept., Tekirdag, Turkey,
samet.gelme@arcelik.com; caner.korel@arcelik.com;
sema.yilmaz@arcelik.com

Introduction

In this study, it is aimed to design a high-performance permanent magnet synchronous motor to be used in dryer applications. Consequently, studies in literature were examined in order to realize the most optimal design.

Permanent magnet synchronous motors are widely used in industrial applications due to magnet technology, which is improved day by day with developments in materials science and engineering. These motors are preferred because of their high efficiency, high torque density [N.m/kg], high power density [W/kg] and simple structure. Automation, fan, pump and white goods applications can be given as examples of common usage areas. Single-phase asynchronous motors with run and start capacitor or PMSMs are used in household applications such as dryer machines. Since PM motors are much more efficient and compact than asynchronous motors, they are more preferred in white goods applications (Ünlütepe, 2021).

Studies are carried out about the improvements that can be achieved by changing the stator structure of PM motors with segmented stator. There are many advantages of using stator segments instead of traditional stator core. Minimization of the slot opening high slot fill factor and less scrap in production are main benefits of using the segments (Aggarwal ve ark., 2020).

Cogging torque, which is one of the biggest problems in PM motors is caused by the interaction between the magnets and the stator teeth (Ayçiçek, 2012). It is possible to make changes to the stator or rotor geometry to reduce this unwanted interaction, which causes electromechanical noise (Ayçiçek ve ark., 2012). In rotors with interial magnets, it remains very low, since the interaction of the magnet with the stator teeth is very limited. To decrease the effect of the cogging torque can be achieved with the optimizing slot opening and magnet dimension.

Considering the design differences in the use of the traditional stator core, the bare copper filling factor remains between maximum of 39% and 43%. This factor can increase up to 55% with the use of stator segment. Therefore, the motor will provide more electromechanical torque and have higher power density in the same volume.

Stator and Rotor Dimensions

The operating conditions and dimensional constraints of the motor to be designed for use in a tumble dryer are given in the Table 1 below.

Table 1 Operating conditions and dimensional constraints

Parameters	Values
Torque	0.45 Nm
Current	1-1.5 A
Speed	3000 rpm
Efficiency	$\geq 85\%$
Stator Outer Diameter	80-120 mm
Stack Length	≤ 45 mm

In order to specify the main dimensions of the stator and rotor, firstly torque per unit volume (TRV) that is the ratio of nominal torque to the rotor volume of the motor must be determined. For a cost-effective design, the use of ferrite magnets was preferred and the TRV value was determined as 7 kNm/m^3 (Miller, 2002).

According to the specified mechanical volume constraints, the D^2L ratio was calculated, and the rotor outer diameter was determined as 55.0 mm and the stack length was determined as 30.0 mm. Motor main dimensions are given in Table 2.

Table 2 Motor main dimensions

Motor Main Dimensions	Values
Stator Outer Diameter	103 mm
Stator Inner Diameter	56 mm
Air Gap	0.5 mm
Rotor Outer Diameter	55 mm
Rotor Inner Diameter	12.2 mm
Stack Length	30.0 mm

Based on the data obtained, the main dimensions of the stator were determined. The air gap is accepted as 0.5 mm, which is preferred in current applications. In this way, the stator inner/outer diameter and rotor outer diameter were found.

Stator outer diameter and inner diameter is 103 mm and 56 mm, respectively. Fractional slot winding was used and 12 slot 8 pole combination spoke type permanent magnet motor was preferred to stay under the 200 Hz operating frequency limit. In Figure 1, the visual of the stator and rotor taken from the interface of the analysis program is given. After determining the main dimensions, analytical and numerical analyzes were carried out through different programs for cogging torque, back EMF and performance under load.

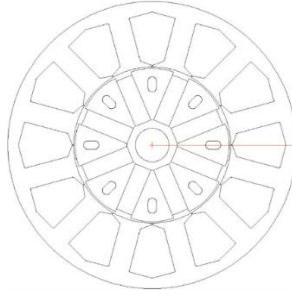


Figure 10 The visual of stator and rotor

Use of Embedded Type Magnet

There are two rotor types in PM motors: surface permanent magnet (SPM) and interior permanent magnet (IPM) depending on the location of the magnets. SPM motor uses less permanent magnets and has fewer harmonic components of flux linkage, which makes it easier to produce sinusoidal magnetomotive force. IPM motor can produce large inductance, torque and suspension force (Özçira, 2007).

In Figure 2, rotor cross-sections with differently positioned magnets are shown. In g type is called spoke type rotor. Spoke type rotor is widely preferred in ferrite magnet motors. In this type of rotors, the magnets face each other in the radial direction and the resulting flux is more intense. Thus, a higher flux density occurs in the air gap. A high torque/weight ratio is achieved compared to different magnet positions in the same volume. Additionally, since the magnets are embedded in the rotor, mechanical strength is higher (Anon., 2023b)

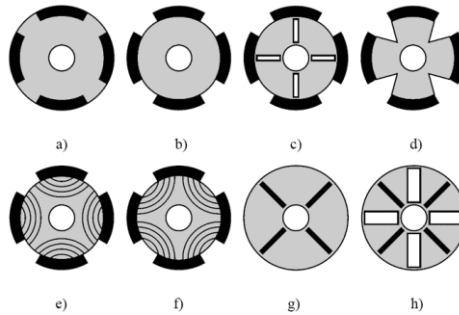


Figure 2 PMSM rotor types (Anon, 2023a)

The cogging torque is lower in spoke type motors. In this way, the sound-vibration level of the motor remains lower than other models. Finally, another advantage we can mention is that its demagnetization resistance is higher compared to surface magnet motors.

Analytical Model and Analysis

The Speed program is an interface in which the motor is first modeled in this study and an analytical solution is presented to the user as a result. After the main dimensions are determined, all materials to be used in the stator and rotor are selected. While determining the variables of the stator winding, optimization is achieved with iterative analysis.

Figure 3 shows the 3-phase stator winding. Since fractional slot winding is preferred, a single stator tooth is used for each winding. Thanks to this winding technique, end windings lengths are minimized, and the winding process is made easier.

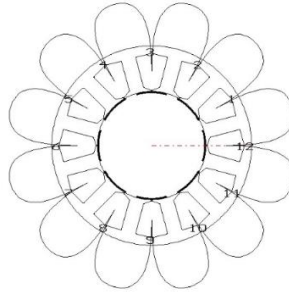


Figure 3 Stator windings

In the study, maximizing the back-EMF constant k_e [V.s/rad] was determined as the first aim. The constants k_e and k_t [N.m/A] are directly proportional to each other (Lin ve Zhou, 2009). So, one way to increase the value of k_e is to increase k_t . The value called k_t torque constant and which we can express as the torque per ampere depends on the magnet total flux and the number of turns of the stator windings. To increase the total flux, it is necessary to change the magnet material or increase the thickness of the magnet used. Rather than making a change in the rotor, it is preferred to change the number of turns of the stator windings. The appropriate wire diameter and number of turns were determined by considering the slot fill factor. Repeated analysis results are presented in Table 3.

Table 3. Wire diameter and turn per coil combinations.

Input Parameters		Open Circuit		On Load	
Turn per Coil	Wire Diameter (mm)	k_e (V.s/rad)	LL Voltage (V_{peak})	LN Current (A_{rms})	Total Loss (W)
155	0.7	0.60	61.85	0.64	19.04
190	0.6	0.74	75.85	0.52	18.60
180	0.6	0.70	71.86	0.55	19.83
170	0.6	0.66	67.87	0.58	19.09
160	0.6	0.62	63.88	0.61	19.39
155	0.6	0.60	61.88	0.63	19.55

The slot fill factor in this case is 55%. At the end of the analysis, 160 for the number of turns and 0.6 mm for the wire thickness were determined. In the last combination, the k_t torque constant is 0.56 N.m/A and the k_e constant is 0.62 V.s/rad.

Numerical Analysis

The model, which analysis was completed in the Speed program, was also modeled on the Flux Motor interface. Main dimensions, material preferences, slot dimensions, winding parameters and solution scenario are entered into the program. Figure 4 shows the image of the stator and rotor taken from the program.

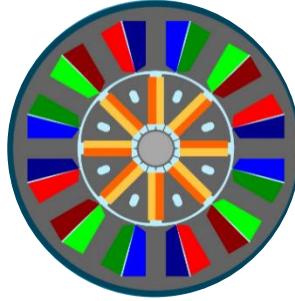


Figure 4 Stator and rotor

The stator outer diameter was determined by preliminary studies. Rotor inner diameter is selected according to bearing inner diameter.

The magnetic field permeability of the air is quite low compared to that of the ferromagnetic material from which the machine is made. The magnetic field lines, which complete the magnetic circuit over the stator and rotor, have to pass through the air gap, the larger the air gap, the more difficult this task. Therefore, iterative simulations and results were obtained for the ideal width of the air gap with the analyses.

As the air gap is increased, the value of the stator inductance decreases (Moghaddam, 2007). Synchronous motors of this type are mostly used in brushless direct current motor (BLDC) systems.

After the main dimensions and slot parameters were determined, the studies were repeated for the magnet dimensions. Numerical results were evaluated by increasing the selected 3 different parameters within a certain range. TM-Magnet Thickness, WM-Magnet Width, R1-Magnet Outer Surface Radius were chosen as variable parameters, and they were changed between the ranges given in Table 4.

Table 4 Magnet sizing

Variable Parameter	Range of Change	Values
TM-Magnet Thickness	5 mm- 7 mm	6 mm
WM- Magnet Width	15 mm- 18 mm	17,5 mm
R1-Magnet Outer Surface Fillet	20 mm- 27,5 mm	22 mm

The detailed picture of the magnet embedded in the rotor is given in Figure 5.



Figure5 Details of magnet

It has been previously stated that the winding shape is fractional slot. The number of turns, which is the winding parameter, the material of the wire to be used and the outer diameter of the wire were determined by repeated analysis. In order to increase the k_e back-EMF constant, an attempt was made to increase the k_t torque constant. For this process, either the total flux must be increased or the number of turns must be changed. The parameter affecting the total flux is the thickness of the magnets. Instead of changing the magnet thickness, the number of conductors of the stator winding has been increased. With the determined winding structure, the phase resistance was calculated as 3.9Ω . Since these values were in a suitable range, simulation studies were continued in this way.

Cogging torque is an undesirable situation that occurs with the interaction of the stator teeth and the magnets on the rotor surface. The ratio of the cogging torque to the shaft torque gives the cogging torque percentage. By design, it is expected that this ratio should be reduced below 1%. Table 5 shows the results of the analysis of the cogging torque with the magnet dimensions determined.

Table 5 Cogging torque results

TM (mm)	WM (mm)	R1 (mm)	Magnitude Peak to Peak (mN.m)	Cogging Torque (%)
		27.5	8.32	1.84
6	17.5	22.0	2.87	0.62
		20.0	2.05	0.45

Back-EMF is a voltage that opposes the supply voltage. The supply voltage induces current in the coil that turns the armature. The electrical energy required by the motor is converted into mechanical energy for the current to counter current back-EMF. This energy is induced in the motor armature (Bayka, 2014). Energy conversion in DC motor is possible only thanks to back-EMF. After the analysis for the cogging torque, the back-EMF test was performed for the rotor speed of 1000 rpm. In the meantime, it is aimed to keep the total harmonic distortion below 5%. Table 6 shows the parameters evaluated as a result of the analysis.

Table 6 Back emf results

R1 (mm)	k_e (V.s/rad)	LN Volt (V)	LL Volt (V)	LL Volt THD (%)
27.5	0.70	39.01	67.55	8.3
22.0	0.66	38.41	66.52	4.6
20.0	0.65	38.03	65.87	4.0

The maximum value of the line to line induced voltage is approximately 66 V. The simulation continued by adhering to the analysis performed for the 22.0 mm magnet outer surface radius.

For the load performance test, the analysis was carried out according to the shaft torque and operating point speed required by the drying application. The results for 0.45 N.m shaft torque and 3000 rpm rotor speed are given in Table 7.

Table 7 Performance test at load

R1 (mm)	Efficiency (%)	Line Current (A)	Line Voltage (V)	Power (W)	Total Loss (W)
27.5	83.96	0.67	159.1	168.37	26.91
22.0	84.34	0.68	156.6	167.6	26.24
20.0	84.43	0.68	156.2	167.4	26.06

The current, power and efficiency values obtained for the magnet outer surface radius of 17.5 mm are within the range determined for the design. Another point to be mentioned for performance analysis at load is the flux density at the critical points of the motor. In Figure 8, magnetic flux densities in the stator teeth, stator and rotor yoke are given in Tesla units.

Table 8 Magnetic flux densities

Flux Density in Iron	Value
Stator Tooth, max	1.36 T
Stator Foot Tooth, max	1.81 T
Stator Yoke, max	1.33 T
Rotor Yoke, max	1.64 T
Rotor Web, max	2.03 T

The average flux density in the air gap is 0.2537 T, the maximum flux density in the stator tooth is 1.36 T, the maximum value in the stator yoke is 1.33 T, and the maximum value in the rotor yoke is 1.64 T. The flux density graph in the air gap is given in Figure 6, and the visual of the flux density distribution on the stator and rotor is given in Figure 7.

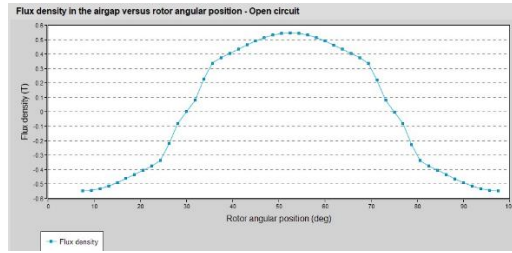


Figure 6 flux density in air gap

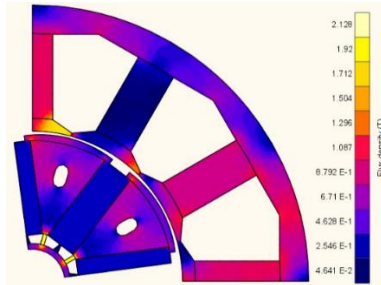


Figure 7 Flux density distribution

In the flux density simulation given in Figure 7, it is seen that there is no saturation at any point of the motor. Since a high performance motor design is aimed, the motor has been designed in such a way that the motor is not taken to saturation, ignoring the cost.

Results

Today, with the developing magnet technology, the use of magnet motors in industrial applications has become widespread. In this study, it is aimed to design a high performance permanent magnet synchronous motor using the stator segment. In this direction, the advantages of the segmented structure of the stator were emphasized with analyzes carried out on 2 different analysis programs. It has been observed that by keeping the slot opening at a minimum level, the cogging torque can be reduced, the slot fill factor is increased by percentage compared to the existing mold stator use, and the production scrap is reduced with the segmented stator structure at the points where the rotor and stator sheets differ in application during the mass production phase.

The design aims to keep the cogging torque, which is more effective at the start of the motor and occurs due to the interaction between the stator and magnets, below 1%. This goal was achieved by minimizing the slot opening and adjusting the size of the magnets on the rotor surface.

References

- A. Aggarwal, E. G. Strangas and A. Karlis, "Review of Segmented Stator and Rotor Designs for AC Electric Machines," *2020 International Conference on Electrical Machines (ICEM)*, Gothenburg, Sweden, 2020, pp. 2342-2348, doi: 10.1109/ICEM49940.2020.9270678.
- Anon. (2023a). Permanent magnet synchronous motor, Available from: <https://about-motors.com/motorcontrol/pmsm/>
- Anon. (2023b). IPM and SPM motor, Available from: https://www.volcanomotor.com/news/ipm_and_spm_motor-en.html
- Ayçiçek E. (2012). Vuruntu Momenti Azaltılmış Eksenel Akılı Sürekli Mıknatıslı Senkron Motor Tasarımı, Doctoral Thesis, Yıldız Teknik University, Institute of Science and Technology
- Ayçiçek E., Bekiroğlu N., Şenol I., *Sigma J Eng Nat Sci* 2012; 30(4): 392-401
- Bayka K. (2014). Comparison of Three IPMSM Sensorless Position Estimation Methods Through Simulations and Experiments, Master Thesis. İstanbul Teknik University, Institute of Science and Technology
- Lin D., Zhou P., In-Depth Study of the Torque Constant for Permanent-Magnet Machines," in *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 45, no. 12, pp. 5383-5387, Dec. 2009, doi: 10.1109/TMAG.2009.2026043
- Miller, T. J. E. (2002). SPEED's Electric Motors: An Outline of Some of the Theory in the Speed Software for Electric Machine Design : with Problems and Solutions. Lübnan: Magna Physics Publishing.
- Moghaddam R. R. (2007). Synchronous Reluctance Machine Design, Master Thesis. Royal Institute of Technology Department of Electrical Engineering Electrical Machines and Power electronics Stockholm
- Özçira S. (2007). Sabit Mıknatıslı Senkron Motorun Kontrol Yöntemleri ve Endüstriyel Uygulamaları, Master Thesis. Yıldız Teknik University, Institute of Science and Technology
- Ünlütepe E. (2021) Cogging Torque and Performance Optimization of an Interior Permanent Magnet Synchronous Motor used in Commercial Washing Machines, Master Thesis. İstanbul Teknik University, Institute of Science and Technology

4 Serbestlik Dereceli Robot Kolun Optimal Kontrolü

Serkan Çaşka

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Hasan Ferdi Turgutlu Teknoloji Fakültesi,
Makine Mühendisliği Bölümü, Manisa-Turgutlu, Türkiye

serkan.caska@cbu.edu.tr

Giriş

Robotik veya robot kol gerçek insan koluna benzeyen programlanabilir mekanik bir tasarımdır. Robot kolların çoğunda robotik bir el veya robot kolunun çevre ile temas halindeki kısmı olan ve uç efektör görevi gören bir tutucu bulunur (Yılmaz Z, 2020). Robot kollar, otonom olarak hareket edebilirler ve aslında bir insan kolundan daha fazla uygulama yeteneğine sahiptirler. Bunun nedeni, daha az serbestlik derecesine sahip olmalarına rağmen eklemlerinin daha büyük açılarla hareket edebilmesi ve insana göre daha fazla noktaya ulaşabilmesidir. Ayrıca robot kola bir nesneyi havada tutması söyleneceğini söyleyebiliriz, insan ise bir süre sonra yorulacaktır. Bu nedenle robot kolların önemi yıllar geçtikçe daha da artmaktadır (Xiaoou L, 2011)

Robotların konum kontrolü, yörünge takibi gibi çalışmalar uzun yıllardır robotik alanında çalışan araştırmacıların gündemindedir. Oransal-integral-türevsel (PID) kontrolörler akademik ve endüstriyel çalışmalarda en çok tercih edilen kontrol yöntemlerindedir. Literatürde robot kontrolünde PID kontrolörlerin kullanımını içeren çalışmalar mevcuttur (Karakoyun E, 2022). Yapısının basit olması, çeşitli yapay zeka ve makine öğrenmesi algoritmaları ile desteklenebilmesi gibi sebeplerden dolayı robotik uygulamalarında PID kontrolör tercih edilmektedir. Ayrıca Arduino birçok mikro kontrolörde PID kütüphanesinin bulunması bu yöntemin gerçek şartlarda uygulanmasını kolaylaştırmaktadır.

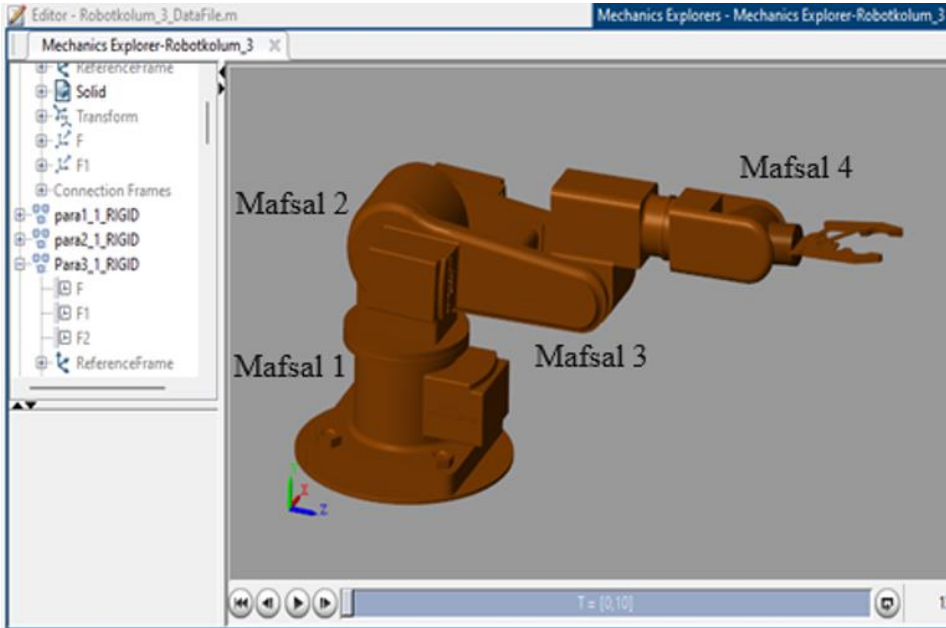
Meta-sezgisel (MS) algoritmalar, büyük ölçekli optimizasyon problemlerini çözmek için optimuma yakın sonuçlar sağlayan optimizasyon algoritmalarının geniş bir koludur (Metaheuristics, 2023). Literatürde MS algoritmaları birçok mühendislik probleminin çözümüne önemli katkı sağlamıştır. Son yıllarda geliştirilen birçok MH algoritması bulunmaktadır. MS algoritmaları çok geniş bir ailedir ancak MS algoritmalarının çoğu sürü tabanlıdır. Bununla birlikte, Genetik algoritmalar (GA) gibi kendini ispatlamış yöntemler mühendislik problemlerine optimal çözümler getirmek için kullanılmaktadır (Çaşka S, 2022) (Özbaltan M, 2023).

MATLAB yazılımında bir robotik modelin simüle edilmesi için, öncelikle bir modelleme yazılımında robotun tasarımı gerçekleştirilir. Robotun tasarım dosyası XML formatında dış aktarılır ve sonrasında MATLAB'ın Simulink ortamında içe aktarılır. Robot tasarımı, mafsalları ve uzuvları temsil eden bloklardan oluşan bir Simscape çoklu gövde modeline dönüştürülür. Simscape modelinde istenilen hareketleri elde etmek için mafsal blokları kullanılmaktadır. Ayrıca robotun uzuvlarının konumu, hızı ve ivmesi gibi büyüklükler mafsal bloklarından okunabilir (Simscape Multibody, 2023).

Bu çalışmada, 4 serbestlik dereceli bir robot kolun tasarımı Solidworks yazılımında oluşturulmuştur. Robot kol tasarımı MATLAB/Simulink ortamına aktarılmıştır. Robotun mafsalsal açıların kontrolü için robotun Simscape çoklu gövde modeli kullanılmıştır. Robot kolun Simscape modelinin kontrolü oransal-integral-türevsel (PID) kontrolörler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. PID kontrolörlerin parametreleri GA yöntemiyle belirlenmiştir. Ayrıca, Simulink ortamında PID değişkenlerinin düzenlenmesini sağlayan PID tuner (Manuel PID) özelliği de kontrolör tasarımında kullanılmıştır. Manuel PID ile GA destekli PID (GA_PID) kontrolörlerin başarısı karşılaştırılmıştır.

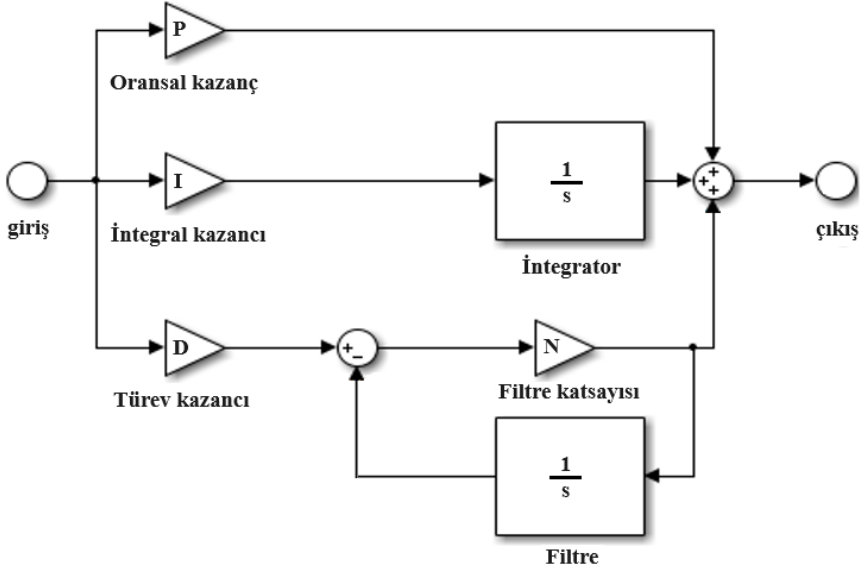
Materyal ve Metot

Bu çalışmada ele alınan robot kolun 3 boyutlu tasarımı Solidworks yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Solidworks’ten Simscape ortamına aktarılacak XML dosyalarını türetebilmek için yazılım içinde belli adımların izlenmesi gerekmektedir (Enable Simscape Multibody Link Plugin in SolidWorks, 2023). Ayrıca MATLAB yazılımında XML dosyalarının içe aktarılmasını sağlayacak bir prosedürün de işletilmesi gerekir (Install the Simscape Multibody Link Plugin, 2023). Modelleme için gerekli hazırlık adımları geçildikten sonra robot tasarımı mafsalsal ve uzuvları içeren bloklar halinde kontrol edilmeye hazır hale gelmektedir (Multibody Dynamics - Examples, 2023). Şekil 1’de çoklu gövde modeli formunda MATLAB/Simulink ortamında oluşturulmuş 4 serbestlik dereceli robot kol görülmektedir.



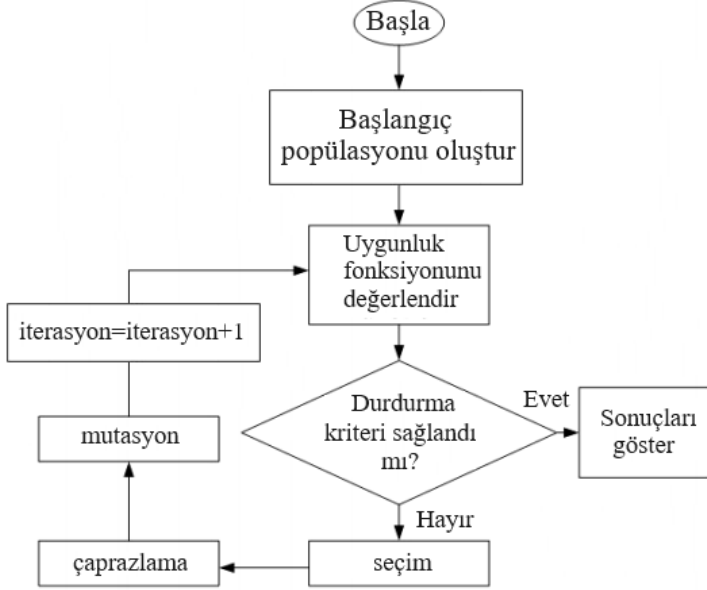
Şekil 1. MATLAB/Simulink ortamında oluşturulmuş 4 serbestlik dereceli robot kol

En yaygın tercih edilen PID algoritması oransal kazanç, integral kazancı, türev kazancından oluşur. Simulink ortamında tanımlanan PID bloğunda ise ayrıca filtre katsayısı yer almaktadır. Bu çalışmada Filtre katsayısı N’in değeri 100 olarak tanımlanmıştır. Simulink PID bloğunun diyagramı Şekil 2’deki gibidir.



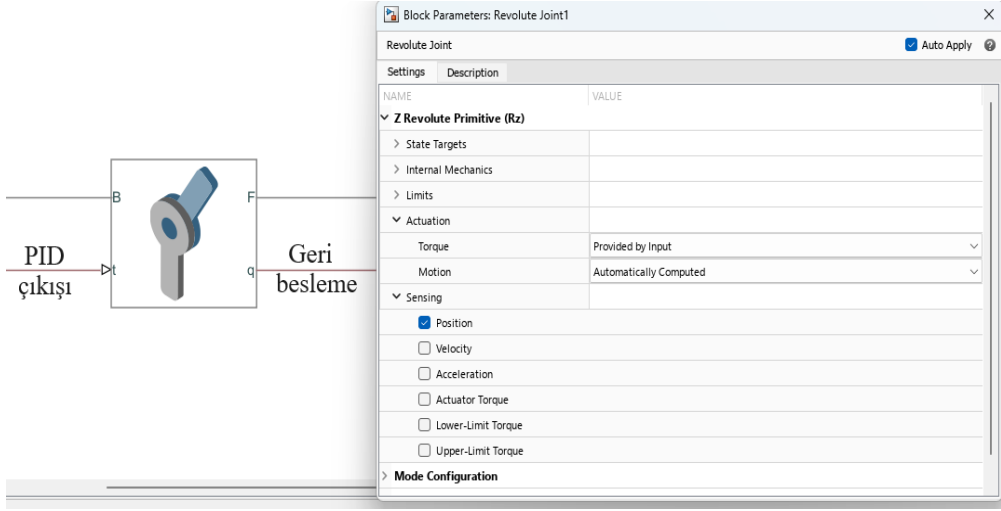
Şekil 2. Simulink PID bloğunun diyagramı

PID bloğunda oransal kazanç, integral kazancı ve türev kazancını temsil eden P, I ve D katsayıları MATLAB ortamında oluşturulan GA koduyla hesaplanmıştır. Optimal PID katsayılarına ulaşmak için belirlenen arama değer aralığı [0 10] olarak tanımlanmıştır. GA yöntemine ait akış diyagramı Şekil 3’teki gibidir.



Şekil 3. GA yönteminin akış diyagramı

Çoklu gövde modellerinde robotun mafsallarında hareket sağlamak için blok parametreleri penceresinde actuation(hareket, tahrik) alt başlığında tork girişinin yapılacağı tanımlanmalıdır. Ayrıca mafsalın açısal konumunun anlık değerini öğrenmek için de sensing(algılama) alt başlığında position(konum) seçeneği işaretlenmelidir. Mafsala tork girişinin yapılması ve mafsalın açısal konum bilgisinin okunması Şekil 4’te gösterildiği gibidir.



Şekil 4. Mafsala tork girişinin yapılması ve mafsalin açısai konum bilgisinin okunması

Bulgular ve Tartışma

GA_PID ve Manuel PID yöntemlerinin karşılaştırılması için yükselme zamanı(T_r), maksimum aşma(M_p) ve sürekli durum hatası(Ess) kriterleri kullanılmıştır. Yükselme zamanında sistem çıkışının 1 radyana ulaştığı süre dikkate alınmıştır. Maksimum aşma, sistem çıkışı ile 1 radyanlık set değerinin farkının set değerine oranı alınarak hesaplanmıştır. Sürekli durum hatası ise sistem çıkışında sabit olduğu durumda sistem çıkışı ile 1 radyanlık set değerinin farkının set değerine oranı alınarak hesaplanmıştır. Mafsai açılarının kontrolü için elde edilen kontrolör performanslarına ait veriler Tablo 1, Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 1. Mafsai 1 için kontrolör performansları

Yöntem	T_r (s)	M_p (%)	Ess(%)
Manuel PID	2.12	2.03	0.24
GA_PID	2.05	0.02	0

Tablo 2. Mafsai 2 için kontrolör performansları

Yöntem	T_r (s)	M_p (%)	Ess(%)
Manuel PID	1.61	4.07	0.09
GA_PID	1.96	1.03	0.05

Tablo 3. Mafsal 3 için kontrolör performansları

Yöntem	Tr(s)	Mp(%)	Ess(%)
Manuel PID	1.59	4.01	0.23
GA_PID	1.81	1.53	0.06

Tablo 4. Mafsal 4 için kontrolör performansları

Yöntem	Tr(s)	Mp(%)	Ess(%)
Manuel PID	2.09	3.42	0.01
GA_PID	2.01	0.67	0

Tablo 1 ve Tablo 4 incelendiğinde, GA_PID yönteminin sağladığı Tr, Mp, Ess değerlerinin Manuel PID’nin sağladığı değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Tablo 2 ve Tablo 3 incelendiğinde, GA_PID yönteminin sağladığı Mp, Ess değerlerinin Manuel PID’nin sağladığı değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Manuel PID kontrolör GA_PID’den daha düşük Tr değeri sağlamakla birlikte kontrolörlerin sağladığı Tr değerleri birbirine oldukça yakındır. Daha düşük Tr, Mp ve Ess değerlerini sağlayan kontrolörün daha başarılı olduğu dikkate alındığında GA_PID’nin Manuel PID’den daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. GA_PID’nin özellikle Mp değerinde net bir üstünlük sağladığı görülmektedir.

Bu çalışmada, GA_PID yöntemiyle robot mafsallarının optimal olarak kontrol edilebildiği görülmüştür. Gerçek robot kontrolüne en yakın sonuçları elde etmek için robot kolun dinamik modelini kullanmak yerine gerçeğe daha yakın benzetim ortamı sağlayan çoklu gövde modeli tercih edilmelidir. Bu çalışmadaki simülasyonlar robot herhangi bir yük taşıyorken gerçekleştirilmiştir. Robot mafsallarının farklı yük ve hızlarda optimum hareket sergilemesi için adaptif PID yaklaşımları tercih edilmelidir. Ayrıca model referans kontrol gibi kontrol yöntemleri ve son yıllarda geliştirilen MS algoritmaları da denenerek kontrol performansı artırılabilir.

Kaynakça

Çaşka S, Gök K, Gök A. (2022). Comparison of the success of meta-heuristic algorithms in tool path planning of computer numerical control machine. *Surface Review and Letters*, 2022: 2250126. <https://doi.org/10.1142/S0218625X22501268>

Enable Simscape Multibody Link Plugin in SolidWorks, <https://www.mathworks.com/help/smlink/ref/linking-and-unlinking-simmechanics-link-software-with-solidworks.html> [Erişim tarihi: 25.12.2023]

Install the Simscape Multibody Link Plugin, <https://www.mathworks.com/help/smlink/ug/installing-and-linking-simmechanics-link-software.html> [Erişim tarihi: 25.12.2023]

Karakoyun E, Çakan A, Kalyoncu M. (2022). İki serbestlik dereceli bir robot kolun konum kontrolü için PID kontrol parametrelerinin arı algoritması (AA) kullanılarak belirlenmesi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 24(1): 111-124. <https://doi.org/10.25092/baunfbed.885152>

Metaheuristics, <https://en.wikipedia.org/wiki/Metaheuristic> [Erişim tarihi: 25.12.2023]

Multibody Dynamics - Examples, Erişim adresi: https://www.mathworks.com/help/sm/examples.html?category=multibody-dynamics&s_tid=CRUX_topnav [Erişim tarihi: 25.12.2023]

Özbaltan M, Çaşka S. (2023). Altitude control of quadcopter with symbolic limited optimal discrete control. International Journal of Dynamics and Control, 1-8. <https://doi.org/10.1007/s40435-023-01278-3>

Simscape Multibody, <https://www.mathworks.com/products/simscape-multibody.html> [Erişim tarihi: 25.12.2023]

Xiaoou L, Wen Y, A. (2011). Systematic Tuning Method of PID Controller for Robot Manipulators. 2011 9th IEEE International Conference on Control and Automation (ICCA) 19-21 Aralık 2011, Santiago, Şili.

Yılmaz Z, Yılmaz O, Bingül Z. (2020). Design, Analysis and Simulation of a 6-DOF Serial Manipulator. Kocaeli Journal of Science and Engineering, 3(1): 9-15. <https://doi.org/10.34088/kojose.677184>

Vanaların Talaşlı İmalat Verimliliğini Artıran Özgün Aparat Tasarımı

Sevde Bilgin, Erhan Özkan, Berna Gül

Dikkan, Ar-Ge Merkezi, İzmir, Türkiye

sevde.bilgin@dikkan.com, erhan.ozkan@dikkan.com, berna.gul@dikkan.com

Giriş

Üretim alanlarından Talaşlı İmalat Alanı nihai ürünün çıkarıldığı en önemli basamaktır. Burada yapılacak olan her bir geliştirme birim çevrim sürelerini etkilemekte ve yıl bazında değerlendirilmeye alındığında yüksek düzeyde iyileştirme paydaları gözlemlenmektedir. İyileştirmeler çoğu zaman maliyet ve ürün kalite oranını yükseltme parametrelerine etki etmiştir.

Maliyet düşürme “mamullerin kalitesini bozmaksızın, işletmenin elindeki kaynakların en rasyonel kullanımı sayesinde işletme maliyetini oluşturan kalemlerden, hangilerinin ne düzeye kadar azaltılabileceğinin araştırılması ve amaç olarak belirlenecek maliyeti ya da maliyetleri, en uygun yollarla, olabildiğince düşük düzeyde saptayabilmektir” (Elmacı, 1990).

Talaşlı imalat içerisinde ürünlerin rotalarından çıkan istasyon haritaları çıkarıldığında; karbon ayak izi hakkında bilgi verir. Operatör iş gücü, her bir operasyonda tezgâh çevrim süresi (ayar, işleme, bakım vs.), kullanılan enerji (kW, lt vs.) kapasite ve verimlilik açısından incelenen önemli parametreleri oluşturmışlardır (Wuest, 2016).

Gelişen teknoloji ile kullanılan CNC tezgâh çeşitleri ve onlara ek olarak işlev kazandıran farklı çalışma geometrileriyle taret ve aynalar verimlilik açısından oldukça ilerleme kaydetmiştir. İhtiyaç dahilinde talaşlı imalat bünyesine yapılacak her bir yatırımın öncesinde; detaylı fizibilite, metot, kaizen, yalın üretim çalışmaları yapılmıştır (Aggarwal ve ark., 2015).

Günümüzün rekabete dayalı ekonomik koşullarında işletmelerin amaçlarına ulaşabilmesinde ve varlıklarını sürdürülebilmelerinde en önemli konuların başında maliyet ve maliyet düşürme gelmektedir. Maliyet düşürme mikro açıdan değerlendirildiğinde, işletmelerin ürünlerini minimum kaynakla üretmesine ve gereksinim duyulan kar hedeflerine ulaşmasına yardımcı olmaktadır (Sharma ve ark., 2016). Makro boyutta değerlendirildiğinde ise ülke ekonomisinin rekabet gücünün artmasına ve sürdürülebilir bir ekonomik gelişmenin sağlanmasına katkıda bulunmaktadır. Gerek mikro boyuttaki gerekse de makro boyuttaki önemi göz önüne alındığında maliyet düşürmenin başarılabilmesi için bilimsel yazında kavramla ilgili çok sayıda yöntem ve teknik geliştirilmiş bulunmaktadır (Tao, ve ark., 2016). Hedef Maliyetleme, Değer Mühendisliği (Değer Analizi), Kaizen Maliyetleme, Dış Kaynak Kullanımı ve Tam Zamanlı Üretim, literatürde en yaygın şekilde kullanılan ve etkinliği ispatlanmış maliyet düşürme teknik ve yöntemleridir. (Güç, 2006)

Literatürde “Geriye Doğru Mühendislik”, “Ters Mühendislik” olarak da ifade edilen “Tersine Mühendislik” kavramı İngilizce “Reverse Engineering” olarak gösterilmektedir. Tersine mühendislik; rakibin piyasada satılan ürününün alınıp, mühendislik düzeyinde sistemli olarak incelenmesi ve ürün hakkında detaylı bilgi edinilmesidir (Filiz, 2005). "Tersine Mühendislik, bir ürünü, bir makine veya bir nesneyi kopyalamak veya geliştirmek amacıyla ya da çalışma prensibini belirlemek amacıyla parçalara ayırmak olarak” da tanımlanmaktadır (Dereli ve Baykasoğlu, 2004).

Materyal ve Metot

CNC tezgahlar, üretim sırasında operatör müdahalesini en aza indirgeyen ve otomasyon sistem ile çalışarak kapasite artışına verimlilik sağlayan makinelerdir. CNC tezgahlar farklı türlerde olmak kaydı ile temelinde taret ve ayna ile birlikte; iş parçanın 360° kendi eksenini etrafında dönmesiyle taret üzerindeki kesici takımın ileri geri yukarı aşağı hareketi ile talaş alma işlemini otomatik parça özelinde kodlar ile mümkün kılan tezgahlardır (Benedict, 2017).

Parçaların her daim aynı ölçü ve hassasiyette işlenmesine olanak sağlayarak rijit üretimi tek part seri üretimde mümkün sağlamaktadır.

İlerleyen teknoloji içerisinde hidrolik sistemlerle çalışan cnc tezgahlarında güç iletimi olarak sıvıyı kullanmak; oldukça hızlı ve hassas tezgâh kullanımında yenilikçi olmuştur. Bunun yanı sıra taret ve ayna üzerinde değişkenliğe gidilerek tezgah prensiplerine uygun farklı türde entegre edilebilir modeller tasarlanmış ve üretilmiştir.

Talaşlı imalat bünyesine dahil edilen hidrolik sistem ile çalışan bir CNC tezgahına IndexAyna entegrasyonunu sağlamak ve Ayna içerisinde ürüne özel rijit aparat tasarımı yapmak, çalışabilirliğini denetlemek bu projenin temel işlevini oluşturmaktadır.

Index Aynalar; ürünün belirlenen eksenlerde kendi yatay ve dikey eksenlerinde 360° dönmesini sağlar. Bu işlev ürünün farklı işleme yüzeylerinin tek bir operasyonda tek bir referans yüzeyinden konumlandırılarak işlenebilmesine olanak sağlar. Bu ürün üzerinde yüzeyler arası konum toleranslarının birbiriyle referanslı ve daha rijit şekilde üretilmesini sağlar.



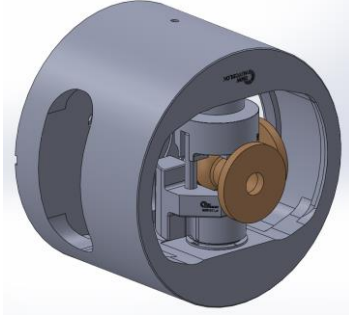
Şekil 1. CNC tezgahlarında kullanılan Index ayna aparatı.

Index Ayna; dış gövde olarak tek bir eksende 360°dönerek çalışmaktadır. Index Ayna içerisine ürün özelinde tasarlanan aparatın montajı ile aparatta alt ve üst olarak aksel kendi etrafında yüksek devir ve hızlarda dönmekte ve işlenecek yüzey değişimini sağlamaktadır.

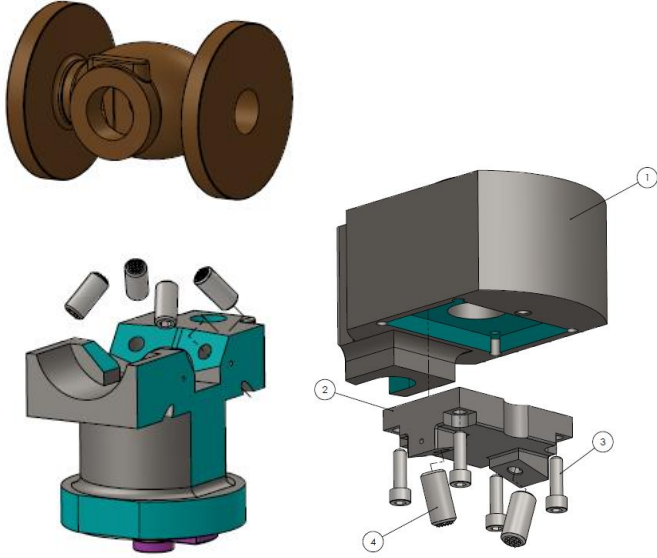
Çok eksenli yüzey değişimlerinde; ayna içerisine konumlandırılacak aparatın doğru tasarımı oldukça önemlidir. Tasarım sürecinde dikkat edilecek en önemli parametrelerin CNC tezgahlarının yüksek devir ve hız içerisinde balansını bozmayacak ve Index aynaya uygun olarak orjin ağırlık merkezi referans alınacaktır.

Balans, dinamik ve statik olarak iki alana ayrılmıştır. Burada incelenen ve kritik önem taşıyan Dinamik Balans; Tezgâh üzerinde 360° dönen ürünlerde titreşim meydana gelmemesi için merkezkaç kuvveti ve bileşke diğer kuvvetleri azaltarak ağırlık merkezi ile dönme merkezinin aynı konuma gelmesidir. Tasarım parametrelerin de bu tanımlama ile; Index ayna içerisine montajlanacak ALT-ÜST aparat ve nihai ürün ile ağırlık merkezi dönme ekseni ile çıkışacak şekilde tasarlanmalıdır. Hidrolik sistem ile çalışan tezgahlarda ekstra yüksek hız var olduğundan hassas bir dengeye sahip olmalıdır (Munoa ve ark. 2016),

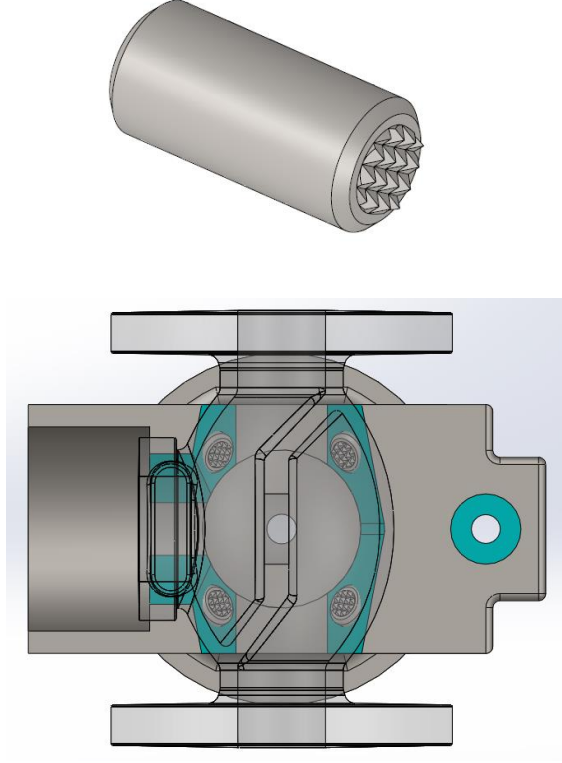
Talaşlı imalat bünyesinde yapılan yatırım içerisinde bulunan Index Ayna ve ürüne özel aparat incelemesi yapılmıştır. 3D ortamında ağırlık merkezi parametreleri incelenmiştir. Özel Aparat ‘DN040 Kısa Tip Açılı Buhar Vana’ için tasarlanmıştır. Üzerinde yapılan ‘Tersine Mühendislikte mevcut tedarik edilen aparatın kullanılabilirliği incelenmiştir. DN040 AÇILI KISA TİP Buhar Vana için tasarlanan bu aparat firma bünyesinde ‘DN025 DÜZ TİP Kısa Tip Buhar Vana için tasarlanması planlanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucu yeni tasarım aparat ARGE bünyesinde tasarlanarak üretim safhasına geçilmiştir. Üretim sonrası denemiş bazı olumsuz koşullar gözlemlenmiştir. DN 040 AÇILI KISA TİP Buhar Vana için dahil edilen ve daha sonra firma bünyesinde tasarlanan DN025 DÜZ TİP Kısa Tip Buhar Vana aparatları üzerinde tekrar inceleme yapılarak analizler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Talaşlı imalat bünyesine dahil edilen özel aparat.



Şekil 3. İlk tersine mühendislik sonucu tasarım çalışması.

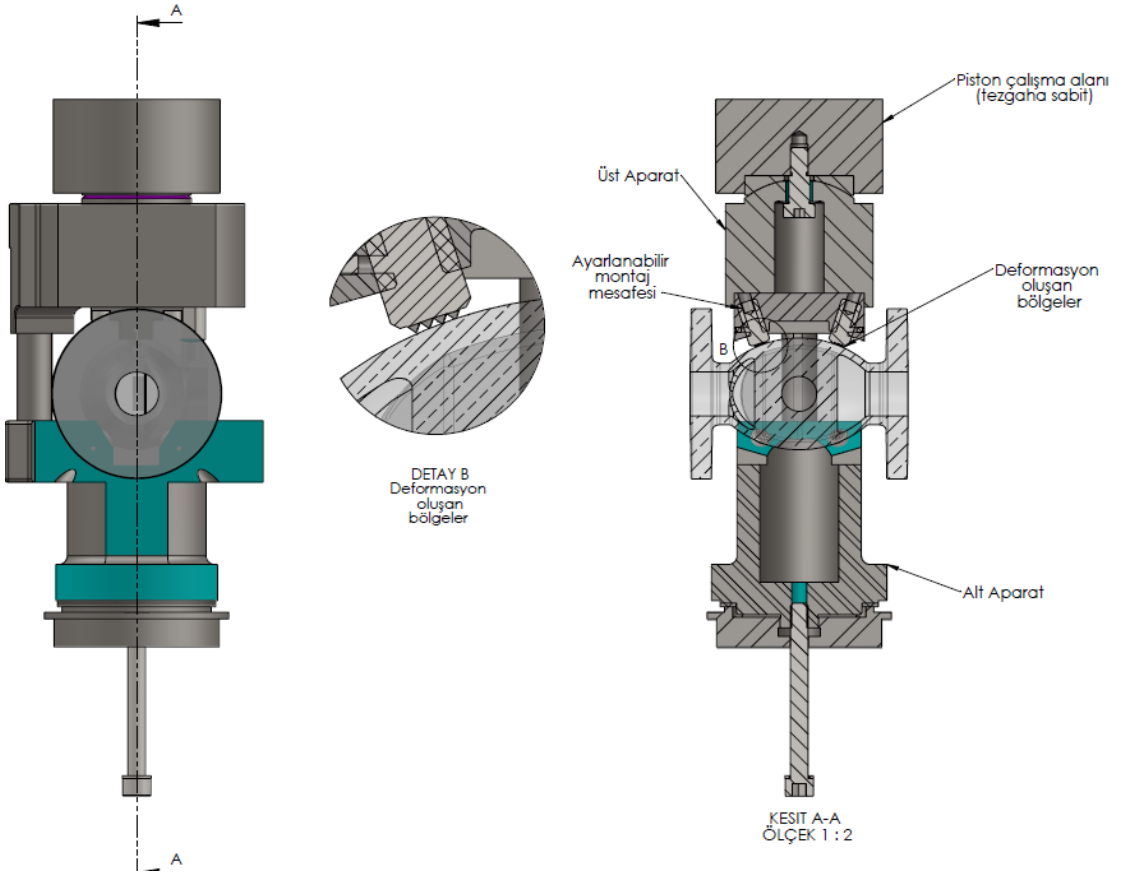


Şekil 4. Tırnak uçlu setskur ve alt aparat montaj.

Şekil 2 ‘de görüldüğü üzere üst görünüş olarak incelenen durumda Tırnak uçlu setskur uçlarının vana ile yüzey temasları görülmektedir. Bu yöntem yatırım amaçlı talaşlı imalat bünyesine dahil edilen DN040 KISA TİP Açılı Buhar Vana aparatından kullanılan bir yöntemdir. Fakat bu yöntemin vana yüzeyinde kalıcı deformasyon bıraktığı gözlemlenmiştir. Tedarik edilen aparat da efektif olarak kullanılamamıştır. Yüzeyde bıraktığı deformasyonlar Şekil 3’teki gibidir.



Şekil 5. Tırnak uçlu setskurun yüzeyde bıraktığı deformasyon.



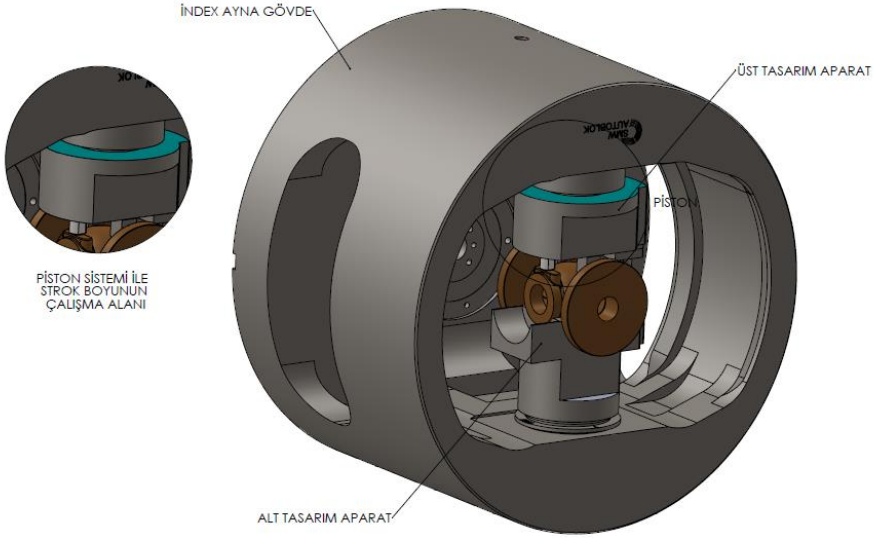
Şekil 6. Deformasyon Görünüş Detayı.

Yapılan Tersine Mühendislik çalışmaları sonra kalıcı ve yaygınlaştırılabilir, tezgâh ve Index ayna ile stabil çalışan, işlenecek vanayı istenilen hassasiyette ve herhangi bir kabul dışı zarar vermemesi ön görülerek Özgün Aparat Tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Kritik parametreler sonucunda; yapılacak tasarım için ağırlık merkezi, dönme eksenini, tezgâh balansı ayarı ve ürün yüzeyinde herhangi bir deformasyona sebep olmayacak bir aparat formu tasarlanmalıdır.

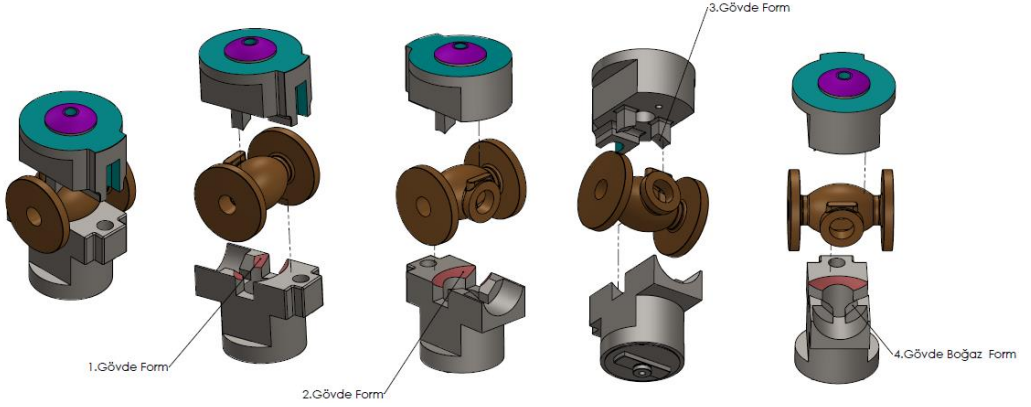
Alt ve Üst aparat olmak üzere Index ayna içerisinde ikisi arasında preslenerek konumlandırılarak sıkıştırılmaktadır. Daha sonra tezgâh çalıştırılmaktadır.

Denemeler sonucu; Solidworks üzerinden gerçekleştirilen tasarımda, Vananın alt ve üst yüzeylerinden konumlandırılacak geometrinin aparata tersi yansıtılarak; ekstra vana yüzeyi döküm toleransları ile ötelenerek tasarım gerçekleştirilmiştir. Özgün tasarım nihai görünüşü Index ayna ile Şekil 7’deki gibidir.



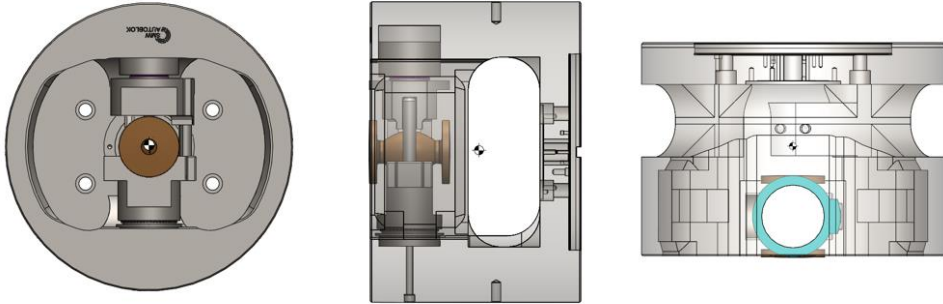
Şekil 7. Özgün aparat tasarım montajı.

Tasarım aşamasında daha yekpare aparat geliştirilmeye özen gösterilerek Talahlı İmalat Üretim alanı içerisinde depolanma ve bütünlük öngörülmüştür. Tasarım yüzey form parametreleri Şekil 8’deki gibidir.

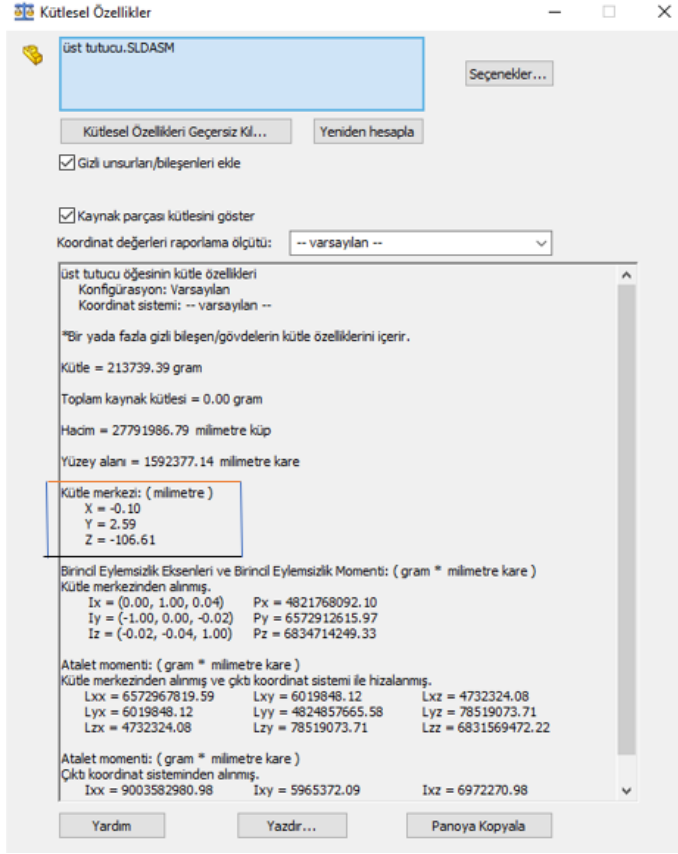


Şekil 8. Özgün tasarım yüzey form görselleri.

Tüm tasarım aşamalarında; 3D tasarım ortamında genel form oluşturulduktan sonra malzeme bilgisi her parça için tanımlanmıştır. Malzeme olarak 4140 İslah Çeliklerinin bir türevi kullanılmıştır. Öngörülen malzeme tipi aparatların maruz kalacağı gerilme tiplerine karşı mukavemetli ve uzun ömürlü olabilmesidir. Malzeme tanımı sonrası Solidworks kütle özelliklerinden ağırlık merkezi değerleri kontrol edilmiştir. X ve Y düzlemlerinde tolerans payı düşünülerek aparatlar üzerinde lokal ekleme ve boşaltma işlemleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 9. Ağırlık merkezi x,y,z eksenlerindeki konumu.



Şekil 10 Ağırlık merkezinin kontrol paneli (Solidworks).

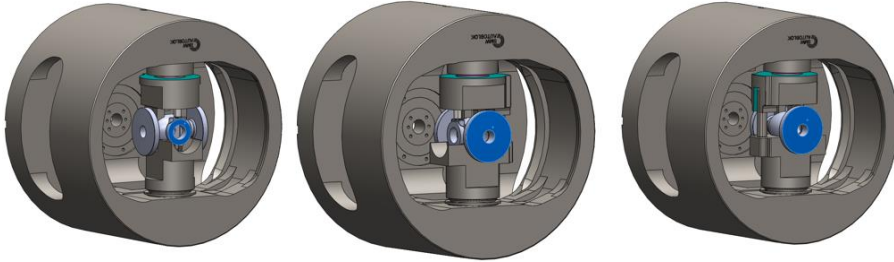
Bulgular ve Tartışma

Mevcut olarak dışarıdan özel tasarım yapılarak talaşlı imalat bünyesine dahil edilen aparattaki çalışmalar sonucunda bir yenisi farklı tip ürün için tersine mühendislik yöntemiyle tasarlanmıştır. Bunun sonucunda aksaklıklar görülmüş ve kalite parametreleri etkilendiği için yeni ve farklı bir tasarım yapılması öngörülmüştür. Öngörülen kritik durumlar sonucunda tasarlanan Özgün Aparatlarda; vana Index ayna içerisinde ve uygun hidrolik sistemli bir tezgâha entegre edilerek tam verimle çalışabilir duruma getirilmiştir. Tezgâh balans ayarı, ağırlık merkezi, dönme eksen, rijitlik ve malzeme seçimi oldukça önemli olmakla birlikte doğrudan tezgâh çalışma verimliliğini etkilemektedir. Pres yöntemi ile çalışan Index aynada iki aparat arası sıkıştırma işleminde yüzeylere tırnaklı herhangi bir tutucunun eklenmemesi gerektiği öngörülmüştür.

Sonuçlar

Mevcut ürünün rotasında beş ayrı tezgâh üzerinden operasyonel yerleşim çıkarıldığında, operatör işçilik dışında, ayar süreleri ve işleme süreleri bir ürün için 44,00 dk sürmektedir. Operatör ve enerji tüketimi eklendiğinde parça başına düşen sarfiyat standart koşullardadır.

Fakat; bu ürünün işlenebilirliği yatay tornalama merkezi olan hidrolik sistem ile çalışan bir tezgâha; Index Ayna ile entegre edildiğinde, Ayar süresi bir defa gerçekleştirilerek dört operasyon tek kademeye indirgenmiştir. Mevcut ürün için bir adette ayar süresi ve işleme toplamda 16,00 dk sürmektedir. 5 birim zaman iken hafif demontaj parçasının ortalama demontaj süresi 2 birim zamandır.



Şekil 11. İşleme yüzeyleri montajlı görseli.

Yukarıda belirtilen çevrim süreleri kıyaslaması sonucunda; üretim alanı içerisinde sağladığı verimlilik oranı oldukça yüksektir. Karbon ayak izi azaltılmış, üretilebilirlik kapasitesi arttırılmış, tek referans ile daha rijit ve kalite olarak daha verimli ürünler elde edilmiştir. Çevrim süreleri %70 oranlarında azaltılarak enerji tasarrufu ve operatör işçi gücü azaltılmış başka bir pozisyonda ihtiyaç olarak kullanılmıştır.

İstenilen her ürün için Özgün Aparat tasarımı yapılarak Index aynalara ve hidrolik tezgahlara entegre edilerek büyük bir oranda Talaşlı İmalat Atölyeleri için büyük bir maliyet kazancı ve verimlilik sağlanabilir.

Kaynakça

Aggarwal, V., Khangura, S. S., Garg, R. K. (2015). Parametric modeling and optimization for wire electrical discharge machining of Inconel 718 using response surface methodology. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 79, 31-47.

Benedict, G. F. (2017). Nontraditional manufacturing processes. CRC press.

Dereli, Türkey ve Baykasoğlu, Adil. (2004). Ters Mühendislik. Makina Tek Dergisi, Sayı 77, Mart 2004, Erişim: 24.06.2006

Elmacı, O., İmalat Endüstrisi İşletmelerinde Maliyet Azatlımı ve Bir Uygulama. Anadolu Üniversitesi Yayınları No: 378: Eskişehir, 1990

Filiz, A., Yenilikçilik ve ürün geliştirme, 2005, Erişim:22.05.2006

Munoa, J., Beudaert, X., Dombovari, Z., Altintas, Y., Budak, E., Brecher, C., Stepan, G. (2016). Chatter suppression techniques in metal cutting. *CIRP annals*, 65(2), 785-808.

Sharma, A. K., Tiwari, A. K., Dixit, A. R. (2016). Effects of Minimum Quantity Lubrication (MQL) in machining processes using conventional and nanofluid based cutting fluids: A comprehensive review. *Journal of cleaner production*, 127, 1-18.

Tao, F., Cheng, J., Qi, Q., Zhang, M., Zhang, H., Sui, F. (2018). Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94, 3563-3576.

Wuest, T., Weimer, D., Irgens, C., Thoben, K. D. (2016). Machine learning in manufacturing: advantages, challenges, and applications. *Production & Manufacturing Research*, 4(1), 23-45.

Cyanobacteria Suşlarından Ekstrakta Edilen C-Phycocyanin Pigmentinin Endüstriye Dönük Verimliliği

Sevilay Öztürk

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
Biyoloji Bölümü, Yunussemre, Manisa, Türkiye

seviozturk@yahoo.com

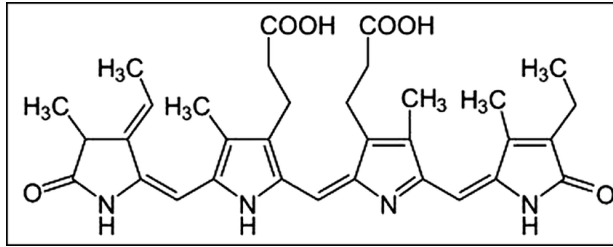
Giriş

Algler ya da daha bilinen adıyla su yosunları fotosentez yapan, sürekli suya ve nemliliğe ihtiyaç duyan ve taksonomik olarak farklı kategorilerdeki canlıları içine alan bir gruptur. Algler ve alglerden elde edilen ürünler çok eski zamanlardan beri farklı kullanım alanlarına sahiptir. Örneğin *Porphyra* sp. ve *Ulva* sp. gibi birçok makro alg türü doğrudan insan gıdası olarak kullanılmaktadır. Kahverengi alglerden ve kırmızı alglerden elde edilen alginat, agar agar, karregen vb. ürünler gıda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Gübre olarak kullanılan alg türleri olduğu gibi farklı sanayi kollarında kullanılanları, hayvan beslenmesinde kullanılanları, biyo-yakıt eldesinde kullanılanları ve hatta atık suların arıtılmasında kullanılanları da vardır.

Cyanobacteria, taksonomik olarak bakteriler arasında yer alan prokaryotik bir organizma grubu olup, fotosentez yoluyla enerji üretebilme yeteneğine sahiptir. Prokaryotik yapıda olmalarına rağmen fotosentez yapması ile algler grubuna dahil edilirler ve fotosentez yapmakta kullandıkları pigment maddelerinin özellikleri sayesinde, sucul ortamların yanı sıra toprak, kayalar ve hava gibi farklı habitatlarda yaygın olarak bulunurlar. Türkçe adı ile "mavi yeşil alg" olarak da bilinen Cyanobacteria, mavi ve yeşil renklerinden dolayı bu adını almıştır. Mavi-yeşil rengin yanı sıra sahip oldukları pigment maddelerinin çeşitliliği ile mor, yeşil, sarı ve kahverengi tonlarda görülebilen Cyanobacteria, milyarlarca yıl boyunca dünya atmosferine oksijen sağlayarak gezegenimizde canlıların gelişimine katkıda bulunmuştur. Aynı zamanda bu organizmalar, atmosferdeki oksijenin büyük bir kısmını üreten önemli fotosentetik organizmalardan biridir (Castenholz 1973).

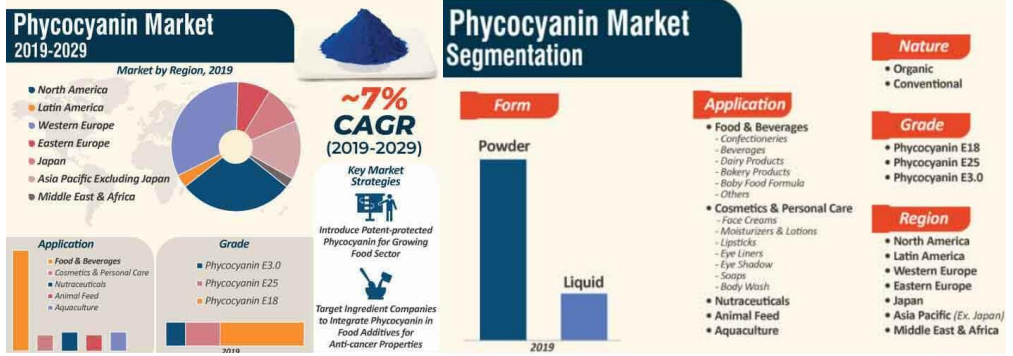
Cyanobacteria grubunun sahip olduğu pigment maddelerinden biri olan C-phycocyanin, bu organizmaların mavi renk tonunu sağlayan bir pigmenttir. Aynı zamanda bu bileşen, bitkilerde bulunan klorofil gibi bir fotosentetik pigment olarak görev yaparak özellikle mavi ve kırmızı ışığı emme yeteneğine sahip olup, bu özelliği sayesinde güneş enerjisini kullanarak fotosentez yapar (Pan-utaia and Iamthamb 2019). Ancak, C-phycocyaninin sadece enerji üretimindeki rolü değil, aynı zamanda sağlık açısından taşıdığı potansiyel nedeniyle de büyük ilgi çekmektedir. C-phycocyanin mavi renkli, kokusuz, toksik olmayan, suda çözünebilen, güçlü floresan özelliğe sahip doğal bir renk maddesidir (Yılmaz et al. 2016) (Şekil 1). C-phycocyanin, özellikle antioksidan özellikleriyle öne çıkar. Araştırmalar, C-phycocyanin pigmentinin serbest radikallerle savaşarak hücresel hasarı azaltabilecek etkilere sahip olabileceğini göstermektedir. C-phycocyanin pigmentinin sağlık üzerindeki olumlu etkileri üzerine yapılan çalışmalar, bu

bileşenin antioksidan, anti-kanser, anti-bakteriyel, anti-viral, anti-inflamatuar ve bağışıklık sistemini güçlendirici özelliklere sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Fernández-Rojasa et al. 2014). Hücrel metabolizma üzerine C-phycoyanin deney hayvanları ve diyabetik hastalarda glikoz ve lipid profili düzeltici aktivite göstermiştir (El-Sayed et al. 2018, Ou et al. 2013). Aynı zamanda C-phycoyaninin enzimleri inhibe ederek, memeli hücrelerinde ve deney farelerinde gen düzenlenmesini etkilediği ve kanserojenik hücrelerde programlı hücre ölümünü uyardığı gözlemlenmiştir (Yılmaz et al. 2016, Jiang et al. 2017). Floresan özellikleri oldukça iyi olduğundan mikroskopi, sitometri ve doku ve doku kimyası çalışmalarında floresan işaretleyici olarak kullanılırlar (Eriksen 2008, Kuddus et al. 2013, Yılmaz et al. 2016). Son yıllarda, C-phycoyanin pigmentinin enerji seviyelerini artırması yanında nörolojik sağlık üzerinde olumlu etkileri üzerine yapılan araştırmalar ile hafızayı güçlendirme ve zihinsel netliği artırma potansiyeli üzerinde de araştırmalar devam etmektedir (Sulistiawati et al. 2023).



Şekil 1. C-phycoyanin pigmentinin molekül yapısı (Sulistiawati et al. 2023).

Günümüzde, insanlar sağlık ve beslenme konularında doğal çözümler arayışına girdikçe, doğanın sunduğu mucizelerle ilgilenmeye devam ediyorlar. Bu bağlamda, Cyanobacteria alglerinin içeriğinde bulunan pigment maddesi olan C-phycoyanin, sağlığa olan olumlu etkileriyle dikkat çekiyor. C-phycoyanin pigmentinin sağlık üzerindeki potansiyeli, gelecekteki beslenme ve sağlık stratejilerinde önemli bir rol oynayabilir. Ayrıca kozmetik, gıda ve farmasötik sanayide önemli bir yeri vardır (Eriksen 2008). Yapılan pazar araştırmalarında C-phycoyanin pigmentini kullanan sektörlerin genişlemesinin ardından pazar payının artışının oldukça yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 2. <https://www.transparencymarketresearch.com/phycoyanin-market.htm>). Ancak, bu konudaki araştırmaların derinleşmesi, kapsamlı klinik çalışmaların yapılması, yüksek verimlilikli yeni türlerin keşfedilmesi ile C-phycoyanin pigmentinin tam potansiyelini ortaya çıkarmak için önemlidir.



Şekil 2. C- phycocyanin pigmentinin pazar payı ve kullanan sektörlerin üzerine yapılan araştırma sonuçları (<https://www.transparencymarketresearch.com/phycocyanin-market.htm>).

Birçok ortamda yaşayabilen Cyanobacteria türleri termal sularda 65 °C'ye kadar yaşayabilmeleri sahip oldukları özel yapı ve depo maddeleri sayesinde. Türlerle ve yetiştirildikleri ortam koşullarına göre değişmekle birlikte C-phycocyanin hücrenin kuru ağırlığının yaklaşık olarak %20'sine kadar varabilmektedir (Santiago-Santos et al. 2004, Yılmaz et al. 2016). C-phycocyanin suda çözünen protein pigment bileşikleri halinde kolayca izole edilebilirler (Santiago-Santos et al. 2004). Farklı ortamlardan izole edilen türlerin farklı miktarlarda ve saflıkta C-phycocyanin üretebilme kapasitesine sahip suşlar olabilmesi mümkündür. C-phycocyanin yapısı türe ve ortam koşullarına göre değişiklik gösterebilmektedir. Literatüre bakıldığında yapılan çalışmaların çoğu belli ticari türlere odaklanırken farklı ortamlardan izole edilen türlerin daha verimli olabilmesi mümkündür. Yapılan bu çalışma ile termal sularda yayılış gösterebilen Cyanobacteria türlerinden yüksek miktarda ve saflıkta C-phycocyanin üretebilme kapasitesine alternatif türlerin verimliliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

Bu amaçla termal sulardan örneklenen ve MCBU Biyoloji Bölümü Araştırma Laboratuvarında izole edilen 4 ayrı Cyanobacteria suşunun (*Geitlerinema amphibium* (Gomont) Anagnostidis, *Spirulina subsalsa* Oersted ex Gomont, *Phormidium thermobium* Anagnostidis, *Leptolyngbya* sp.) saf kültürleri kullanılmıştır (Öztürk 2021).

Materyal ve Metot

Bu çalışmada Kütahya ilindeki farklı termal sulardan örnek olarak toplanmış olan MCBU Biyoloji Bölümü Araştırma Laboratuvarında izole edilmiş 4 ayrı Cyanobacteria suşu kullanılmıştır (Öztürk 2021). Bu türler *Geitlerinema amphibium* (Gomont) Anagnostidis, *Spirulina subsalsa* Oersted ex Gomont, *Phormidium thermobium* Anagnostidis, *Leptolyngbya* sp. (Şekil 3) olup izolasyon ardından BG11 besiyeri ortamında çoğaltılmış olan saf kültürlerdir (Crnkovic et al. 2018).



Leptolyngbya sp.



Geitlerinema amphibium (Gomont) Anagnostidis



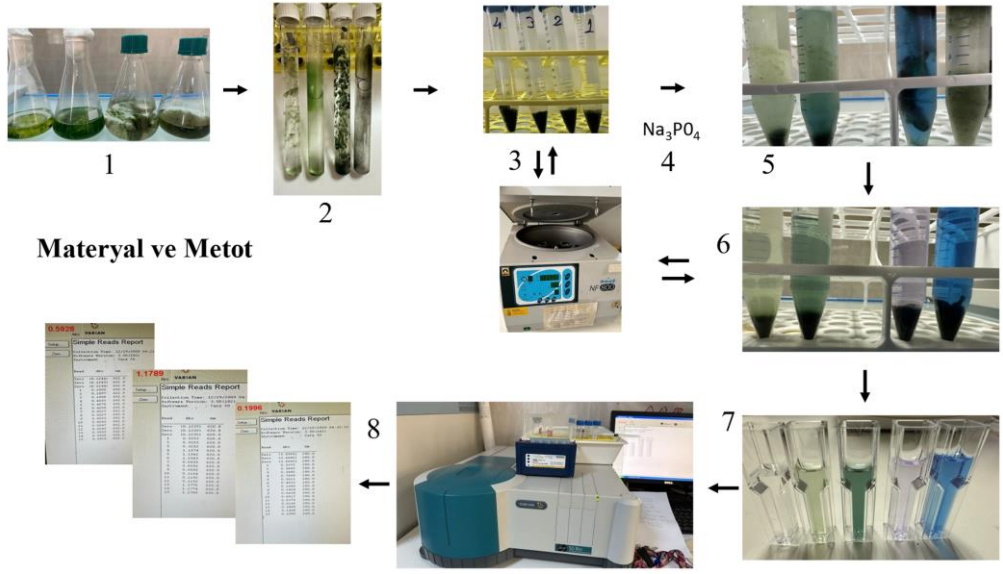
Spirulina subsalsa Oersted ex Gomont



Phormidium thermobium Anagnostidis

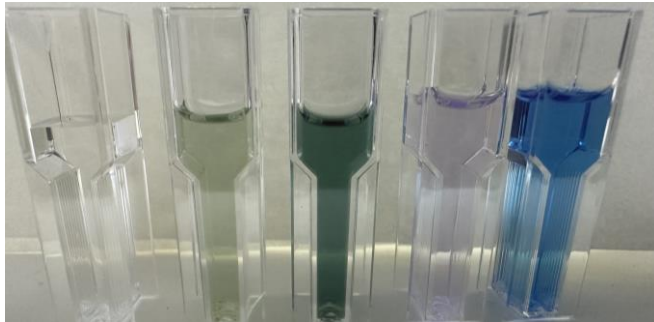
Şekil 3. C-phycocyanin üretebilme kapasitesini ve verimliliğini araştırdığımız termal sulardan örneklenen ve MCBU Biyoloji Bölümü Araştırma Laboratuvarında izole edilen *Geitlerinema amphibium* (Gomont) Anagnostidis, *Spirulina subsalsa* Oersted ex Gomont, *Phormidium thermobium* Anagnostidis, *Leptolyngbya* sp. türlerinin saf kültürdeki fotoğrafları (Olympus BX 50 (phase-contrast) mikroskobu ve Sony DSC-TX7 fotoğraf makinesi kullanılmıştır, Fotoğraflar: Sevilay Öztürk).

C-phycocyanin ekstraksiyonu için izole edilmiş olan bu türler ham halde kullanılmıştır. Öncelikle stok kültürlerle aynı sıvı BG11 besiyeri ortamı kullanılarak steril koşullar altında yeni bir seri oluşturulmuştur. Yeni kültürler ısıtılmalı etüvde 30 °C’de beyaz ışıkta ($150 \mu\text{m foton m}^{-1}\text{s}^{-1}$) 12/12: K/A periyodunda tutulmuştur (Morales et al. 2009, Rizzo et al. 2015). Kültürlerin gelişimi takip edilerek 25-32 günlük yeni yaş kültürlerde yeterli biyokütle miktarının oluştuğu gözlemlendi. Yöntemin tüm aşamaları Şekil 4’te verilmektedir. Besiyer ortamının uzaklaştırılması için suşlar 5000 rpg’de 5 dakika santrifüjlendi. Üstten sıvı kısmı atılarak yıkama işlemi için örneğin tüpte kalan pelet kısmının üstüne 10 ml saf su eklenerek çalkalandı ve tekrar 5000 rpg’de 5 dakika santrifüjlendi. Tekrar üstten sıvı kısmı atılarak örneğin üzerine 10 ml 0.1 molar 7 pH sodyum fosfat tamponu (Na_3PO_4 tamponu) eklenerek 24 saat 30 °C’de tutuldu (Eriksek 2008, Salama et al. 2015, Kısaoglan et al. 2021).



Şekil 4. C-phycoerythrin eldesinin laboratuvarındaki işlem basamakları; (1) stok saf kültürlerden (2) 25-32 günlük yeni yaş kültürlerin oluşturulması, (3) santrifüjleme, (4) Na_3PO_4 tamponu eklenmesi, (5) 3 tekrar dondur çöz, (6) santrifüjleme, (7) ham ekstrakt eldesi, (8) spektrofotometre ile A280, A620, A652 nanometre dalga boyunda C-phycoerythrin miktarlarının ve saflığının ölçümü şeklindedir (Eriksen 2008, Salama et al. 2015, Kısaoglan et al. 2021).

Süre sonunda 3 seri dondur-çöz ve işlemi gerçekleştirildi. Dondur-çöz için $-21/+4$ °C sıcaklıklar kullanıldı. Dondur-çöz serisi sonunda ham ekstre eldesi için örnekler 10.000 rpg’de 10 dakika santrifüjlendi. Santrifüj sonunda pelet kısmın üstünde sodyum fosfat tamponu içinde çözülmüş olan pigment maddelerinden 1’er ml alınarak spektrofotometre küvetlerine aktarıldı (Şekil 5). Ölçümler öncesinde sadece Na_3PO_4 tamponu içeren bir küvet (kör küveti) hazırlandı. Elde edilen C-phycoerythrin miktarlarını hesaplayabilmek için spektrofotometrede (Varian Cary 50 Bio UV-Visible Spectrophotometer) öncelikle sadece Na_3PO_4 tamponu içeren kör küvetin ve ardından tüm örneklerin ham ekstraktı A280, A620 ve A652 nano metre dalga boylarında ölçümleri yapıldı. Spektrofotometre ile yapılan ölçüm sonuçlarına göre C-phycoerythrin miktarları için $\text{A620}/\text{A652}$ değerleri, C-phycoerythrin saflığı $\text{A620}/\text{A280}$ değerleri literatürde verilen formüle göre hesaplandı (Şekil 6) (Eriksek 2008, Salama et al. 2015, Kısaoglan et al. 2021).



Şekil 5. Spektrofotometre kuvvetlerine aktarılan ham ekstraktlar ve sadece Na₃PO₄ tamponu içeren kuvvet.

$$PC = \frac{A_{620} - (0.474 \times A_{652})}{5.34}$$

$$PC = \frac{A_{620}}{A_{280}}$$

Şekil 6. Spektrofotometre sonuçlarına göre C-phycoyanin miktarlarının hesaplandığı formüller (Eriksen 2008, Salama et al. 2015, Kısaoglan et al. 2021).

Bulgular ve Tartışma

Termal sulardan örneklenen ve MCBU Biyoloji Bölümü Araştırma Laboratuvarında izole edilen *Geitlerinema amphibium*, *Spirulina subsalsa*, *Phormidium thermobium*, *Leptolyngbya* sp. suşlarından C-phycoyanin eldesi sonuçları Tablo 1’de verilmektedir. C-phycoyanin miktarları bakımından değerlendirdiğimizde *S. subsalsa* ve *P. thermobium* suşlarının yüksek miktarda pigmente sahip olduğu görülmektedir. C-phycoyanin pigmentinin saflık oranına bakıldığında *S. subsalsa* suşundan elde edilen pigmentin 0.16 saflıkla gıda sanayi de bile kullanılabilir saflıkta olduğu bulunmuştur. *P. thermobium* suşundan ölçülen saflık miktarı ise boya sanayide, kozmetik sanayide kullanılabilir olduğunu göstermektedir (Setthamongkol et al. 2023).

C-phycoyanin eldesi çalışmalarının çoğunun bir Cyanobacteria türü olan ve ticari olarak büyük hacimlerde üretimi yapılan *Arthrospira platensis* üzerine yapıldığı görülmektedir (Silveira et al. 2007, Moraes et al. 2011, Pan-utaia and Iamthamb 2019, Sulistiawati et al. 2023).

Pan-utaia and Iamthamb (2019) yaptıkları çalışmada kurutulmuş *A. platensis* türünden 0.1 M Na₃PO₄ tamponu ve homojenizatör uygulaması ve sonikasyon ile 0.02 g/mL C-phycoyanin elde etmişler. Kurutulmuş *S. platensis* kültüründen ekstraksiyonu için optimum koşulları araştırdıkları çalışmalarında Silveira et al. (2007) konsantrasyonu 3,68 mg/mL¹ ve saflık oranını ise 0,46 olan bir fikosiyanın ekstraktı elde etmişlerdir. Moraes et al. (2011) tarafından yapılan çalışmada ise yapılan bu çalışmadaki gibi yaş kültür kullanılmıştır. Moraes et al. (2011) *S. platensis* yaş kültüründe 0,21 mg mL⁻¹ C-phycoyanin elde etmişlerdir. Bulunan sonuçlar literatürle karşılaştırıldığında ticari olarak kullanılan türlere alternatif olarak *S. subsalsa* suşun C-phycoyanin miktarları ve saflığı ile endüstriyel kullanımda verimli olabileceği görülmüştür.

Tablo 1: *G. amphibium*, *S. subsalsa*, *P. thermobium* ve *Leptolyngbya* sp. türlerinin C-phycoyanin miktarları ve C-phycoyanin saflığı.

	C-phycoyanin miktarları	C-phycoyanin saflığı
<i>Geitlerinema amphibium</i>	0.044 mg/ml	0.5
<i>Spirulina subsalsa</i>	0.175 mg/ml	0.16
<i>Leptolyngbya</i> sp.	0.019 mg/ml	0.22
<i>Phormidium thermobium</i>	0.168 mg/ml	0.34

Kaynakça

- Castenholz RW. (1973). Ecology of blue-green algae in hot springs. In: Carr NG, Whitton BA (eds) The biology of blue-green algae.
- Crnkovic CM, May DS, Orjala J. (2018). The impact of culture conditions on growth and metabolomic profiles of freshwater cyanobacteria. *J Appl Phycol.* 30:375-384.
- El-Sayed M, Hikal MS, Abo El-Khair BE, El-Ghobashy RE, El-Assar AM. (2018). Hypoglycemic And Hypolipidemic Effects Of *Spirulina Platensis*, Phycocyanin, Phycocyanopeptide And Phycocyanobilin On Male Diabetic Rats. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 26(2A):1121-1134.
- Eriksen NT. (2008). Production of phycocyanin-a pigment with applications in biology, biotechnology, foods and medicine. *Appl Microbiol Biotechnol*, 80:1-14.
- Fernández-Rojasa B, Hernández-Juárezb J, Pedraza-Chaverria J. 2014. Nutraceutical properties of Phycocyanin. *Journal of functional foods*, 11:375-392.
- Jiang L, Wang Y, Yin Q, Liu G, Liu H, Huang Y, Li B. (2017). Phycocyanin: A Potential Drug for Cancer Treatment. *Journal of Cancer*, 8(17):3416-3429.
- Kisaoglan B, Demirel Z, Conk Dalay M. (2021). Phycocyanin extraction from frozen and freeze-dried biomass of *Pseudanabaena* sp. by using mild cell disruption methods. *Mar. Sci. Tech. Bull.*, 10(4):333-339.
- Kuddus M, Singh P, Thomas G, Al-Hazimi A. (2013). Recent Developments in Production and Biotechnological Applications of C-phycoyanin. *BioMed Research International*, 2013:1-9.
- Morae CC, Sala L, Cerveira GP, Kalil SJ. (2011). C-phycoyanin Extraction From *Spirulina platensis* Wet Biomass. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 28(1):45-49.
- Moraes CC, Sala L, Cerveira GP, Kalil SJ. (2011). C-phycoyanin extraction from
- Ou Y, Lin L, Yang X, Pan Q, and Cheng X. (2013). Antidiabetic potential of phycocyanin: Effects on KKAY Mice. *Pharm Biol*, 51(5):539-544.
- Öztürk S. (2021). Cyanobacterial Diversity and Physicochemical Characteristics of Thermal Springs in The Kütahya Province of Turkey. *Bang. J. Plant Taxon.*, 28(2):413-428.
- Pan-utaia W, Iamthamb S. (2019). Extraction, purification and antioxidant activity of phycobiliprotein from *Arthrospira platensis*. *Process Biochemistry*, 82:189-198.
- Rizzo RF, dos Santos BDC, de Castro G, Passos TS, Nascimento MD, Guerra HD, da Silva CG, Dias DD, Domingues JR, de Lima-Araujo KG. (2015). Production of phycobiliproteins by *Arthrospira platensis* under different lightconditions for application in food products. *Food Sci. Technol.*, 35:247-252, Doi: 10.1590/1678-457x.6463
- Salama A, Abdel G, Osman A, Sitohy M. (2015). Maximising phycocyanin extraction from a newly identified Egyptian cyanobacteria strain: *Anabaena oryzae* SOS13. *International Food Research Journal*, 22(2):517-525.
- Santiago-Santos MC, Ponce-Noyola T, Olvera-Ramírez R, Ortega-López J, Cañizares-Villanueva RO. (2004). Extraction and purification of phycocyanin from *Calothrix* sp. *Process Biochem*, 39:2047-2052. Doi:10.1016/j.procbio.2003.10.007

Setthamongkol P, Kulert W, Wanmanee S. (2023). In Vitro characterization and assessment of a potential cosmetic cream containing phycocyanin extracted from *Arthrospira platensis* BUUC1503 blue-green algae. *J Appl Phycol*, 35:1685-1697. <https://doi.org/10.1007/s10811-023-02988-z>

Silveira ST, Burkert JFM, Costa JAV, Burkert CAV, Kalil SJ. (2007). Optimization of phycocyanin extraction from *Spirulina platensis* using factorial design. *Bioresource Technology*, 98:1629-1634.

Spirulina platensis wet biomass. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 28(01):45-49.

Sulistiawati E, Hidayat RM, Budiman A. (2023). Enhancement of Phycocyanin Extraction from Dry *Spirulina platensis* Powder by Freezing-Thawing Pre-treatment. *International Journal of Technology*, 14(4):780-790.

Transparency Market Research, (2023). Available from: <https://www.transparencymarketresearch.com/phycocyanin-market.htm> [Accessed 04.12.2023]

Yılmaz HK, Dikbaş MD, Bilgüven M. (2016). Siyanobakterilerden Elde Edilen Pigment Maddeleri ve Kullanım Alanları. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30, 139-155.

Influenza A/B, SARS-COV-2 VE RSV’nin Birbirinden Ayırt Edilmesi ve Tespiti İçin MULTİPLEX RT-QPCR Kitinin Geliştirilmesi

Sinem Akçalı¹, M. Karakaya⁵, S. Fatih Karakaya⁵, H. Seda Vatanserver^{2,4}, Kıvanç Günhan³, E. Büşra Tunçgövd⁵, B. Rüyeyda Şenel⁵, Hilal Kabadayı Ensarioğlu², Ferdi Çetin¹

¹Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Tıp Fakültesi, ¹Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Manisa, Türkiye,

²Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı,

³Kulak, Burun ve Boğaz Anabilim Dalı

⁴Yakın Doğu Üniversitesi, DESAM Araştırma Enstitüsü, Lefkoşa, KKTC

⁵Bionanogen Teknoloji Geliştirme ve Sanayi Ticaret A.Ş., İzmir, Türkiye

Giriş

Şiddetli Akut Solunum Sendromu Koronavirüs 2 (SARS-CoV-2), İnfluenza virüsü ve Solunum Sinsityal Virüsü’nün (RSV) tek bir RT-qPCR reaksiyonunda birden fazla patojenin eşzamanlı tespiti, hastalığın hızlı tanısında ve etkin tedavi yönteminin uygulanmasında önem arz etmektedir (Bayart ve ark, 2023). Eş zamanlı sirküle eden virüslerin benzer klinik semptomları göz önünde bulundurulduğunda, finansman ve reaktif kısıtlamaları azaltan moleküler multipleks analizlerin, rutin viral solunum yolu enfeksiyonlarında sürveyansa entegrasyonunu gerektirir (Uyeki ve ark., 2019). Zamanında ve doğru tanı, gereksiz laboratuvar test istemlerini azaltır ve enfeksiyonu kontrol etmeye yönelik tedbirlerin etkinliğini en üst düzeye çıkarır. Uygun ve erken antiviral tedavi komplikasyonları, hastaneye yatışları ve mortaliteyi azaltır (Alosaimi ve ark, 2021).

SARS-CoV-2, 2019’ un sonlarında ortaya çıkan bir akut solunum yolu hastalığıdır. Koronavirüsler, birçok hayvanı enfekte eden bir virüs grubudur ve aynı zamanda insanlarda hafif ve şiddetli solunum yolu enfeksiyonlarının etkenidirler. SARS-CoV-2, 2019’da tüm dünyada hızla yayılarak pandemiye neden olmuştur (Hu ve ark, 2021).

RSV, Paramyxoviridae familyasına, özellikle de Orthopneumovirus cinsine ait, dünya çapında çocukları enfekte eden en yaygın virüslerden biridir. Yetişkinleri ve yaşlıları da enfekte etme oranı giderek artan önemli bir patojendir. Nadiren pnömoni, apne, solunum yetmezliği ve ölümle sonuçlanabilir (Kaler ve ark, 2023).

İnfluenza A ve B, yapıları ve bulaşma biçimleri bakımından benzer ve Orthomyxoviridae ailesine aittir. INF A/B arasında genetik değişkenlik, antijenik özellik ve halk sağlığı üzerindeki etkileri açısından arasında önemli farklılıklar vardır. INF A virüsü H1N1 ve H3N2 gibi alt tipleri insanlarda mevsimsel influenza salgınlarından sorumludur. INF B virüsleri genellikle INF A

virüslerine kıyasla daha hafif hastalığa neden olsa da özellikle küçük çocuklar ve yaşlılar gibi yüksek riskli popülasyonlarda önemli morbidite ve mortaliteye neden olabilmektedir (Alotaibi ve ark, 2023).

SARS-CoV-2, INF A/B ve RSV ile enfekte hastaların benzer klinik semptomları olsa da bu virüsler farklı şekilde tedavi edilir. Bu RNA virüsleri için klinik belirti ve semptomlar benzer ve kolay ayırt edilemediğinden uygun tedavinin başlanmasında hızlı ve erken tanısı oldukça önemlidir (Gradisteanu Pircalabioru ve ark, 2022). Bu çalışmada, Manisa Celal Bayar Üniversitesi ve Bionanogen Teknoloji Geliştirme Sanayi bünyesindeki laboratuvarların iş birliği ile üst solunum yolu sürüntü numunelerinde SARS-CoV-2, INF A/B ve RSV’nin tespiti için multipleks RT-qPCR kiti geliştirilmiştir. Ülkemizde mevcut ithal ticari kitlerin tespit limiti (LoD) 500 kopya/mL’dir ve %87.5-%100 arasında sensitivite-spesifiye sahiptir. Geliştirilen kit ise SARS-CoV-2, INF A ve RSV için 500 kopya/mL’de %100 pozitif tespit oranına, INF B için 500 kopya/mL’de %95 pozitif tespit oranına sahiptir. Bu kitin eş zamanlı, hızlı ve oldukça hassas bir tespit özelliği olmasının yanı sıra piyasadaki kitler ile rekabet etmesi ve ülkemizde yerli bir kit üretilerek ulusal kazanıma katkı sağlanması açısından da çok değerlidir.

Materyal ve Metot

Çalışmaya Manisa Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Moleküler Mikrobiyoloji Laboratuvarı’na semptomlu hastalardan 26/01/2022-20.478.486-1162 numaralı etik kurul kararı onayı ile COVID-19 ve diğer solunum virüslerinin tanısı için alınan ve sonucu çıktıktan sonra arşiv numune olarak saklanan nazofarengal sürüntü örnekleri dahil edildi.

Çalışmada kullanılacak primer ve prob setleri, solunum yolu viral enfeksiyonu olduğundan şüphelenilen bireylerden toplanan nazofaringeal sürüntülerde SARS-CoV-2, INF A/B ve RSV viral RNA’sını tespit etmek ve ayırt etmek amacıyla RT-qPCR testlerinde kullanılmak üzere tasarlandı. Test kiti için ayrıca klinik numunelerde insan kontrol genini tespit etmek için primer ve prob seti tasarlanmıştır. Belirlenen gen bölgeleri, SARS-CoV-2 için N/Orf1, INF A/B ve RSV için M ve İnternal Kontrol için RnaseP gen bölgesidir. Primer-prob tasarlanırken baz uzunluğu, baz tekrarları, Tm erime sıcaklığı, primer spesifikliğı, dimerleşme ve insan genomuyla spesifik ve non-spesifik bağlanma durumlarına dikkat edilerek optimizasyon çalışmaları yapıldı. Oligonükleotidler için en az iki farklı in-siliko analiz programında uygun parametreler belirlenerek primer-prob setleri kendi içinde ve birbirleri arasında dimer oluşturmayacak şekilde tasarlanarak analiz edildi. Ayrıca NCBI (National Center for Biotechnology Information)’da ki veri dizilerine karşın nükleotidlerin dizi tarama ve sorgulamaları yapılarak insan genomuyla kuvvetli bağlanma vermeyen primer-prob setleri kullanıldı. Tasarlanan primer ve problemlerin özgüllüğü ve farklı organizmalara bağlanma riskleri in-siliko tekniklerle, kendileri dahil toplam 18 virüs genomu kullanılarak test edildi.

Viral RNA örnekleri, RNA’dan cDNA sentezi yapan bir ters transkriptaz ve cDNA parçalarını çoğaltan bir DNA polimerazı içeren RT-qPCR reaksiyon karışımına eklendi. Bu karışımın optimizasyonu için içerisindeki bileşenler (primerler, problemler, enzimler, MgCl₂, dNTP, (NH₄)₂SO₄, KCl vs.) optimize edildi. qPCR cihazında amplifikasyonun gerçekleşebilmesi için cDNA sentezi, ön denatürasyon, denatürasyon, bağlanma (annealing) ve uzama (extension) için termal döngü protokolü oluşturuldu.

Tasarlanan primer-problemler 100 nM, 200 nM, 300 nM ve 400 nM konsantrasyonlarında amplifikasyon eğrileri ve Ct değerleri üç tekrarlı olmak üzere RT-qPCR ile test edildi.

Amplifikasyon eğrilerine ve Ct değerlerine göre RT-qPCR için primer ve problemlerin son konsantrasyonları belirlendi.

Doğrusallık ve Tespit sınırı referans standartlar ile analiz edildi. Her referans standart 1:10 oranında DEPC ile seyreltildi. SARS-CoV-2, INF A/B ve RSV için belirlenen kopya seviyeleri üçlü plakalarda test edildi. SARS-CoV-2 için $1,07 \times 10^3$ - $1,07$ kopya/ μ L, INF A için $2,0 \times 10^4$ - $2,0$ kopya/ μ L, INF B için $2,0 \times 10^3$ - $2,0$ kopya/ μ L ve RSV için $1,0 \times 10^4$ - $1,0$ kopya/ μ L arasındaki konsantrasyonlar için standart eğrisi oluşturularak doğrusal aralığı belirlendi. Tahmini LOD değeri seçilerek 1000 kopya/mL, 500 kopya/mL ve 250 kopya/mL konsantrasyonlara sahip referans standartlar ile her bir konsantrasyon için test 20 kez tekrarlandı ve test kitinin LOD değeri belirlendi.

Amplifikasyon ve Ct değerleri için Applied Biosystems™ QuantStudio5 ve CFX96™ Real-Time PCR cihazı ile yüksek ve düşük konsantrasyona sahip 15 farklı numune *Bionanogen İzolasyon Kiti* ile izole edildi. SARS-CoV-2, INF A/B ve RSV için ayrı ayrı beşer numune; iki farklı cihazda aynı numuneler kullanılarak 3 tekrarlı çalışıldı. İki qPCR cihazında elde edilen sonuçları karşılaştırılarak istatistiksel analizleri yapıldı.

Bulgular ve Tartışma

SARS-CoV-2, Influenza A/B ve RSV için Primer ve Prob Tasarımı

Primer ve problemler, NCBI, WHO (World Health Organization), CDC (Centers for Disease Control and Prevention) tarafından sağlanan ve güncel yayınlardaki korunmuş gen bölgeleri baz alınarak SARS-CoV-2, INF A ve INF B için spesifik olarak tasarlandı. Bionanogen firma ekibi tarafından SARS-CoV-2 için ORF1-N geni, INF A/B ve RSV için M gen bölgelerinden primer-problemler dizayn edildi. Primer ve problemler in-siliko teknikler kullanılarak kendileri dahil 18 farklı virüs genomu ile non-spesifik sinyal oluşturmadığı görüldü (**Tablo 1**).

Tablo 1. SARS-CoV-2, INF A/B ve RSV’nin İn-Siliko Analiz Verileri

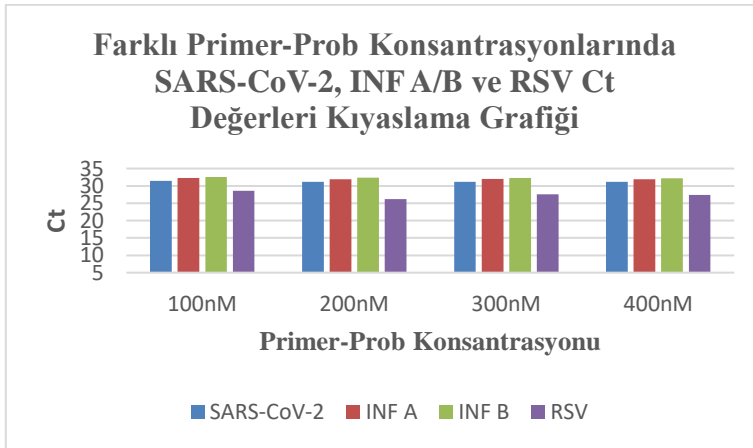
	SARS-CoV-2	INF A	INF B	RSV
Influenza B Virus	-	-	+	-
Influenza A Virus (H1N1)	-	+	-	-
Influenza A Virus (H3N2)	-	+	-	-
Influenza A Virus(H5N1)	-	+	-	-
Influenza A Virus(H7N9)	-	+	-	-
SARS-CoV-2	+	-	-	-
HCoV-HKU1	-	-	-	-
HCoV-229E	-	-	-	-
HCoV-OC43	-	-	-	-

HCoV-NL63	-	-	-	-
Adenoviruses	-	-	-	-
Cytomegalovirus	-	-	-	-
Enterovirus virus	-	-	-	-
H. parainfluenza virus	-	-	-	-
Human metapneumovirus	-	-	-	-
RSV A strain	-	-	-	+
RSV B strain	-	-	-	+
Rhinovirus	-	-	-	-

RT-qPCR Protokolünün Optimizasyonu ve Primer ve Probların Konsantrasyonu

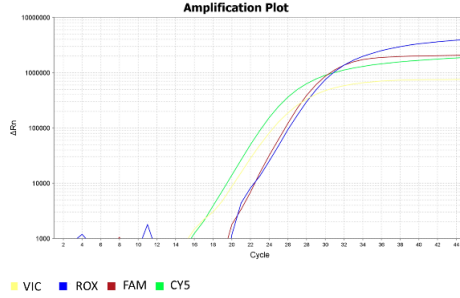
RT-qPCR deneylerinde SARS-CoV-2, INF A/B, RSV ve RNase P hedef genleri ve master miks bileşenleri belirli konsantrasyonlarda ve sıcaklıklarda denendi ve en iyi çalıştığı protokol belirlendi. Kullanılan enzime uygun, en verimli cDNA sentezinin gerçekleştiği reaksiyon koşulu 50°C’de 5 dak, ön denatürasyon için reaksiyon süresinin kısalması açısından en avantajlı süre 95°C’de 30 s, ve Tm derecelerine uygun en iyi denatürasyon, bağlanma (annealing) ve uzama (extension) 95°C’de 5 s ve 60°C’de 35 s olmak üzere, 45 döngü olarak belirlendi.

SARS-CoV-2, INF A/B ve RSV için tasarlanan primer problemlerin 100 nM, 200 nM, 300 nM ve 400 nM konsantrasyonlarda amplifikasyon eğrileri analiz edildi. Her bir virüs tipi için dörder adet numune, üç tekrarlı olarak çalışıldı ve Ct değerleri not edildi. 200 nM ve 300 nM primer-prob konsantrasyonlarında 4 virüs tipi için de sigmoidal eğrinin daha spesifik gözlemlenmesi ve yakın Ct değerleri gözlemlendiğinden (**Şekil 1.**), SARS-CoV-2, INF A/B ve RSV için en iyi konsantrasyon 200 nM olarak belirlendi.



Şekil 1. Farklı Primer-Prob Konsantrasyonlarında SARS-CoV-2, INF A/B ve RSV Ct Değerleri Kıyaslama Grafiği

Primer prob konsantrasyonu, qPCR protokolü ve termal profili belirlenen kit; SARS-CoV-2 için FAM, INF A/B için VIC, RSV için ROX ve internal kontrol için CY5 florofor boya ile işaretlenerek spesifik olarak tespit edilmesi sağlandı (Şekil 2.).



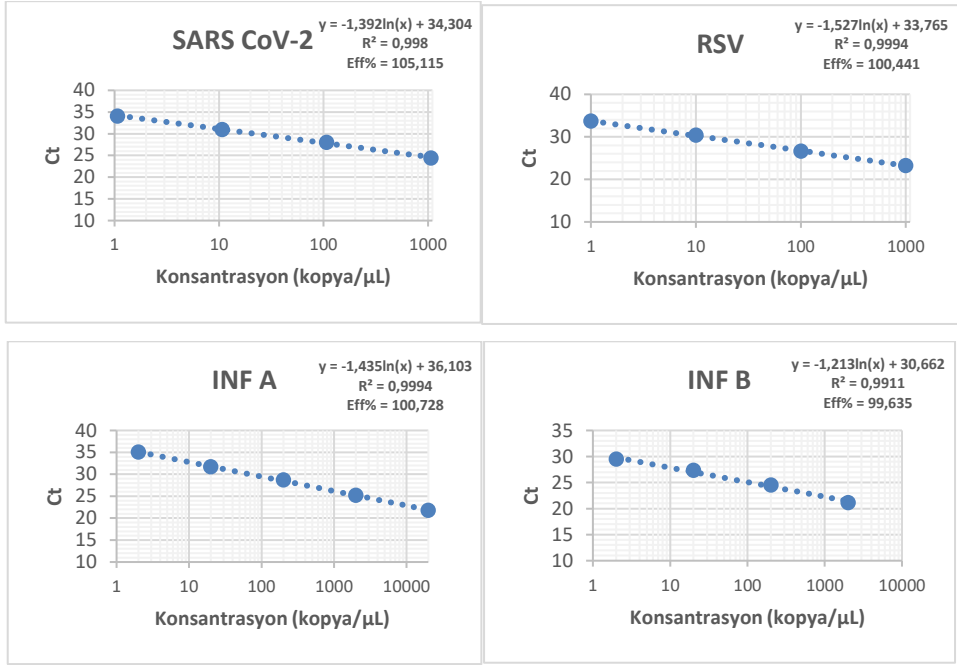
Şekil 2. SARS-CoV-2, INF A/B ve RSV Primer-Prob Amplifikasyon Eğrileri

Doğrusallık ve Tespit Sınırı (LOD)

Amplifikasyon eğrileri ve RT-qPCR sonuçlarına göre SARS-CoV-2, INF B ve RSV için 4 farklı konsantrasyonda, INF A için ise 5 farklı konsantrasyonda çalışılan referans standartların amplifikasyon eğrilerinin tamamının sigmoidal olduğu görüldü. Yapılan 3 tekrarlı çalışmanın istatistiksel sonuçları **Tablo 2.**'de sunuldu. Numunelerin doğrusal aralık konsantrasyonu; SARS-CoV-2 için $1,07 \times 10^3$ - $1,07$ kopya/ μ L, INF A için $2,0 \times 10^4$ - $2,0$ kopya/ μ L, INF B için $2,0 \times 10^3$ - $2,0$ kopya/ μ L ve RSV için $1,0 \times 10^4$ - $1,0$ kopya/ μ L arasındadır. Bu kopya sayıları ile yapılan çalışmadan elde edilen Ct değerleri ile SARS-CoV-2, INF A/B ve RSV'nin standart eğrisi oluşturuldu. Hesaplama sonrasında standart eğrileri **Şekil 3.**'te sunulmuştur.

Tablo 2. SARS-CoV-2, INF A/B ve RSV Referans Standardının Ct Değerleri

SARS-CoV-2(kopya/ μ L)	Mean	INF A (kopya/ μ L)	Mean
1070	24.42	20000	21.77
107	28.05	2000	25.25
10.7	31.03	200	28.69
1.07	34.11	20	31.72
		2	35.06
INF B (kopya/ μ L)	Mean	RSV (kopya/ μ L)	Mean
2000	21.15	1000	23.25
200	24.51	100	26.62
20	27.34	10	30.39
2	29.52	1	33.71



Şekil 3. SARS-CoV-2, INF A/B ve RSV'nin Standart Eğrisi

Test kiti 1000 kopya/mL, 500 kopya/mL ve 200 kopya/mL olmak üzere üç konsantrasyonda 20 tekrarlı çalışma ile LOD değerleri belirlendi. Sonuçlar, 500 kopya/mL konsantrasyonda SARS-CoV-2, INF B ve RSV için pozitif tespit oranı %100, çalışılan örnek sayısının az olması sebebi ile INF B için pozitif tespit oranı %95 olduğunu gösterdi. (**Tablo 3**).

Tablo 3. SARS-CoV-2, Influenza A/B ve RSV için LOD Tespit Oranı

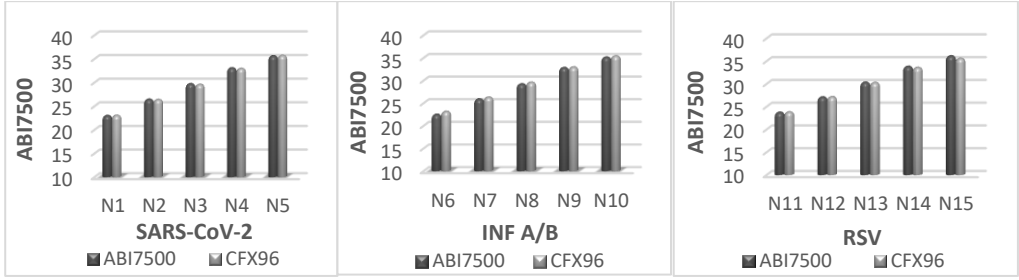
SARS-CoV-2		Pozitif Örnek Sayısı	Negatif Örnek Sayısı
1000 kopya/mL	Örnek	20	0
	Pozitif/Negatif %oranı	100%	0%
500 kopya/mL	Örnek	20	0
	Pozitif/Negatif %oranı	100%	0%
200 kopya/mL	Örnek	10	10
	Pozitif/Negatif %oranı	50%	50%
RSV		Pozitif Örnek Sayısı	Negatif Örnek Sayısı
1000 kopya/mL	Örnek	20	0
	Pozitif/Negatif %oranı	100%	0%
500 kopya/mL	Örnek	20	0

“Mühendislik, Fen ve Sağlık Bilimleri’nde AR-GE ve İnovasyon Çalışmaları”

	Pozitif/Negatif %oranı	100%	0%
200 kopya/mL	Örnek	19	1
	Pozitif/Negatif %oranı	95%	5%
INF A Virus		Pozitif Örnek Sayısı	Negatif Örnek Sayısı
1000 kopya/mL	Örnek	20	0
	Pozitif/Negatif %oranı	100%	0%
500 kopya/mL	Örnek	19	1
	Pozitif/Negatif %oranı	95%	5%
250 kopya/mL	Örnek	14	6
	Pozitif/Negatif %oranı	70%	30%
INF B Virus		Pozitif Örnek Sayısı	Negatif Örnek Sayısı
1000 kopya/mL	Örnek	20	0
	Pozitif/Negatif %oranı	100%	0%
500 kopya/mL	Örnek	20	0
	Pozitif/Negatif %oranı	100%	0%
200 kopya/mL	Örnek	12	8
	Pozitif/Negatif %oranı	60%	40%

Uygulanabilir qPCR Cihazının Doğrulanması

Applied Biosystems™ QuantStudio5 ve CFX96™ Real-Time PCR cihazı ile yüksek ve düşük konsantrasyona sahip *Bionanogen İzolasyon Kiti* ile izole edilmiş toplam 15 farklı numune; SARS-CoV-2 için 5, INF A/B için 5 ve RSV için 5 numune ile 3 tekrarlı yapılan çalışma sonuçlarının amplifikasyon ve Ct değerleri karşılaştırıldı. Test kitinin tespitinin her iki cihazda aynı numuneler kullanılarak yapılan çalışma sonucunda her iki cihaz için de Ct değerlerinin uyumlu olduğu gözlemlendi (**Şekil 3.**).



Şekil 3. Ct Değerlerinin Applied Biosystems™ 7500 Real-Time PCR Sistemi ile Karşılaştırılması

Sonuç

Bu çalışmada, BioNanoGen Teknoloji Geliştirme San. ve Tic. A.Ş. ve Manisa Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Mikrobiyoloji Ana Bilim Dalı ortaklığında, Manisa Celal Bayar Üniversite Bilimsel Araştırma Projeleri desteği ile SARS-CoV-2, INF A/B ve RSV'nin Multipleks tanısı için yüksek spesifite ve duyarlılıkta bir RT-qPCR test kiti geliştirilmiştir.

Geliştirilen kitin Doğrusallık ve Tespit Sınırı (LoD) değerleri sırasıyla SARS-Cov-2 için 1,07 kopya/ μ L, İnfluenza A Virüsü için 2,0 kopya/ μ L, İnfluenza B Virüsü için 2,0 kopya/ μ L ve Solunum Sinsityal Virüsü için 1,0 kopya/ μ L olarak tespit edilmiştir. 500kopya/mL konsantrasyonda SARS-CoV-2, INF A ve RSV için pozitif tespit oranı %100, çalışılan örnek sayısının az olması sebebi ile INF B için pozitif tespit oranı %95'tir. Geliştirilen kit, multipleks olarak kitin piyasadaki muadillerine göre en az kopya sayısında hedef gen bölgesinin tespit edilebilmektedir.

Sonuç olarak kitimizin eşzamanlı, hızlı ve oldukça hassas bir yöntem olmasının yanı sıra tek bir testkitiyle aynı anda kişinin hangi virüs ile enfekte olduğunu belirleyerek erken teşhis ve doğru tedaviyle klinik yönetim stratejilerine katkıda bulunacaktır. Ayrıca ithalatın ve dışa bağımlılığın yüksek olduğu bu süreçte yerli bir kit üretilmesi ulusal kazanıma katkı sağlaması açısından oldukça önem arz etmektedir.

Manisa Celal Bayar Üniversitesi ve Bionanogen Teknoloji Geliştirme A.Ş. bünyesindeki laboratuvarların iş birliği ile geliştirilen SARS-CoV-2, INF A/B ve RSV'nin Multipleks RT-qPCR tanı kitinin eşzamanlı tespiti, solunum virüsü teşhisini iyileştirmek için büyük umut vaat etmektedir. Proje çıktısı test piyasadaki kitlerle rekabet edebilecek, milli ticari ürüne dönüştürülmesi ile araştırma hastaneleri, özel hastaneler ve laboratuvarlarda teşhis imkânı sağlaması açısından çok değerlidir.

*Bu çalışma Manisa Celal Bayar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: 2022-019 ("This study/paper/book/presentation/chapter/thesis was supported by the Manisa Celal Bayar University Scientific Research Projects Coordination Unit. Project Number: 2022-019")

Kaynakça

- Alosaimi, B., Naeem, A., Hamed, M. E., Alkadi, H. S., Alanazi, T., Al Rehily, S. S., Almutairi, A. Z., & Zafar, A. (2021). Influenza co-infection associated with severity and mortality in COVID-19 patients. *Virology journal*, 18(1), 127. <https://doi.org/10.1186/s12985-021-01594-0>
- B. Hu, H. Guo, P. Zhou, and Z. L. Shi, “Characteristics of SARS-CoV-2 and COVID-19,” *Nature Reviews Microbiology*, vol. 19, no. 3. Nature Research, pp. 141–154, Mar. 01, 2021. doi: 10.1038/s41579-020-00459-7.
- B. S. Alotaibi *et al.*, “Simultaneous Detection of Influenza A/B, Respiratory Syncytial Virus, and SARS-CoV-2 in Nasopharyngeal Swabs by One-Tube Multiplex Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction,” *Trop Med Infect Dis*, vol. 8, no. 6, p. 326, Jun. 2023, doi: 10.3390/tropicalmed8060326.
- Bayart, J. L., Gillot, C., Dogné, J. M., Roussel, G., Verbelen, V., Favresse, J., & Douxfils, J. (2023). Clinical performance evaluation of the Fluorecare® SARS-CoV-2 & Influenza A/B & RSV rapid antigen combo test in symptomatic individuals. *Journal of clinical virology : the official publication of the Pan American Society for Clinical Virology*, 161, 105419. <https://doi.org/10.1016/j.jcv.2023.105419>
- Gradisteanu Pircalabioru, G., Iliescu, F. S., Mihaescu, G., Cucu, A. I., Ionescu, O. N., Popescu, M., Simion, M., Burlibasa, L., Tica, M., Chifiriuc, M. C., & Iliescu, C. (2022). Advances in the Rapid Diagnostic of Viral Respiratory Tract Infections. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 12, 807253. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.807253>
- J. Kaler, A. Hussain, K. Patel, T. Hernandez, and S. Ray, “Respiratory Syncytial Virus: A Comprehensive Review of Transmission, Pathophysiology, and Manifestation,” *Cureus*, Mar. 2023, doi: 10.7759/cureus.36342.
- Uyeki, T. M., Bernstein, H. H., Bradley, J. S., Englund, J. A., File, T. M., Fry, A. M., Gravenstein, S., Hayden, F. G., Harper, S. A., Hirshon, J. M., Ison, M. G., Johnston, B. L., Knight, S. L., McGeer, A., Riley, L. E., Wolfe, C. R., Alexander, P. E., & Pavia, A. T. (2019). Clinical Practice Guidelines by the Infectious Diseases Society of America: 2018 Update on Diagnosis, Treatment, Chemoprophylaxis, and Institutional Outbreak Management of Seasonal Influenza. *Clinical infectious diseases: an official publication of the Infectious Diseases Society of America*, 68(6), e1–e47. <https://doi.org/10.1093/cid/ciy866>

Dijital Dönüşümün İtici Gücü Olarak Üniversite Sanayi İş Birliği

Süleyman Turgut ¹, Busecan Kara¹, Saim Karabulut², Mehmet Emre³

¹OSTİM Teknik Üniversitesi, Teknoloji Transfer Ofisi, Ankara, Türkiye

²OSTİM Teknik Üniversitesi, Proje Geliştirme ve Yönetim Ofisi, Ankara, Türkiye

³OSTİM Teknik Üniversitesi, Yapay Zeka Mühendisliği Lisans Programı, Ankara, Türkiye

Giriş

Dijital dönüşüm, dijital yeteneklerin ve teknolojilerin iş modellerine, süreçlerine ve müşteri deneyimlerine entegre edilmesini içeren çok yönlü bir süreçtir ve değer yaratmak amacı taşır (Câne, 2021). Bu, teknolojinin kullanımını üretim verimliliğini radikal bir şekilde artırmak ve iş süreçlerini geliştirmek, müşterilere zengin değer sunmak amacıyla kapsar (Azieva, 2021; "İş süreç yönetimi (BPM) zorlukları dijital dönüşüm girişimlerinde", 2020). Bu süreç aynı zamanda dijital teknolojilerin iş operasyonlarına uygulanmasını içerir, bu da iş süreçleri içinde ve değer zincirindeki iş ortakları arasında yeni fikirlerin ve iletişimlerin oluşmasına yol açar (Zhang et al., 2021; Samosir, 2023). Ayrıca, dijital dönüşüm küçük ve orta ölçekli işletmelerin (SME'ler) karar alma süreçlerini gözden geçirmelerine ve teknolojiyi anlamlı ve sürdürülebilir bir şekilde kullanmalarına olanak tanır (Rupeika-Apoga et al., 2022; Ziółkowska, 2021). Dijital dönüşümün etkisi, pazarlama faaliyetleri, kurumsal iç girişimcilik ve kurumsal performans dahil olmak üzere organizasyonların çeşitli yönlerine uzanmaktadır. Bu, daha fazla nitelikli kaynağı gerektirerek girişimciliği önemli ölçüde teşvik eder ("Dijital dönüşüm ve kurumsal iç girişimcilik", 2023; Khin & Ho, 2019). Ayrıca, dijital dönüşüm iş faaliyetlerini ve modellerini etkiler, COVID-19 pandemisi de dijital dönüşüm ihtiyacını daha da hızlandırır (Štalmachová & Chinoracky, 2021). Dahası, işletmelerin açık inovasyonları benimsemeye hazır olmaması, dijital dönüşümün önündeki temel bir engeldir (Galimova, 2019). Dijital dönüşüm aynı zamanda yeni iş modellerinin gelişimini etkiler, açık iş birliği için fırsatlar yaratır ve çevrimiçi topluluklar aracılığıyla inovasyonu hızlandırır (Berman, 2012). Müşteri etkileşimi noktaları etrafındaki değer zincirinin tüm unsurlarını optimize ederek iş modellerini başarılı bir şekilde dönüştürmek için işletme modelini yeniden şekillendirir (Berman, 2012). Ayrıca, dijital teknolojiler, sosyal medyanın ve ağların entegrasyonu ile hem tüketici hem de iş alanlarında sosyal ilişkilerin yapısını dönüştürmektedir (Bharadwaj et al., 2013).

Dijital dönüşüm, bir organizasyonun çeşitli yönlerine dijital teknolojilerin ve yeteneklerin stratejik bir şekilde entegrasyonunu içeren karmaşık ve çok yönlü bir süreçtir. Bu süreç, ekonomilerin, kurumların ve toplumun sistem düzeyinde yeniden yapılandırılmasını içeren çeşitli faaliyetleri kapsar (Rachinger et al., 2019). Başarılı dijital dönüşüm, iş süreçlerini yeniden tasarlama, eğitim, teknik kaynakları edinme ve dağıtma gibi teknik ve yönetsel konulara odaklanmayı gerektirir (Li et al., 2017). Bu, değer yaratma, pazar taleplerine cevap verme ve

karları artırma odaklı bir değişim ve yenilik süreci olarak görülebilir (Zhang et al., 2023; Lee et al., 2021). Dijital dönüşüm süreci özellikle COVID-19 pandemisi gibi kriz dönemlerinde önemlidir, burada pazar zorluklarına hızla yanıt vermek ve küçük ve orta ölçekli işletmeler (SME'ler) için sürdürülebilir modeller oluşturmak için dijital dönüşümü hızlandırmak önemlidir (Legowo & Sorongan, 2022). Dijital iş dönüşüm sürecindeki temel faaliyetler arasında dijital olgunluğun değerlendirilmesi, güçlü ve zayıf yönlerin belirlenmesi, fırsatların tanımlanması ve dijital dönüşüm için yol haritasının belirlenmesi bulunmaktadır (Ubiparipović et al., 2023). Ayrıca, çevik dijital dönüşümün inovasyon süreçlerine olan faydaları, değişen dijital manzaraya uyum sağlamanın esneklik açısından önemini vurgular (Palfreyman & Morton, 2022). Şirketlerin dijital dönüşüme hazır olma durumlarını değerlendirmek, özellikle petrol ve gaz gibi endüstrilerde, dönüşüm sürecinin stratejik yönetimi başarının önemli bir parçasıdır (Azieva, 2021). Ayrıca, yükseköğretimde, olgunluk değerlendirmesi için bir çerçeve, eğitim hizmetlerini yeniden tanımlamak ve işlemleri yeniden geliştirmek için kritiktir (Marks & AL-Ali, 2022). Dijital dönüşüm bağlamında liderliğin geleceği, yeni dijital beceriler geliştirmenin ve değişen dijital manzaraya uyum sağlamanın önemini vurgular (Gilli et al., 2023).

Üniversite-sanayi iş birliği, üniversiteler ile endüstri arasındaki stratejik ortaklık ve etkileşimi ifade eder; bu, bilgi alışverişi, inovasyon ve ortak araştırma ve geliştirme faaliyetleri amacıyla gerçekleşir. Bu iş birliği, inovasyonu teşvik etmek ve ekonomik büyümeyi desteklemek için esastır (Ponds et al., 2009). İki partner arasındaki iletişimi artırmak ve güveni derinleştirmek amacıyla, kurumsal tesislerin ve ekipmanın, resmi anlaşmaların ve araştırmacılar arasındaki gayri resmi etkileşimlerin kullanılmasını içerir (Dooley & Kirk, 2007). Üniversite-sanayi iş birliği genellikle gayri resmi ve merkezi olmayan bir şekilde sürdürülür ve bölgesel inovasyon sistemlerinde kritik bir rol oynar (Zhu et al., 2012). Üniversitelerin ve endüstrinin iş birliği, rekabetçi toplumların ve her iki kuruluşun sürekli iyileştirmesinin temelidir (Peças & Henriques, 2006). Buna bilişsel ve ilişkisel sosyal sermaye aracılık edebilir ve ürün inovasyonunu ve reformülasyonunu teşvik etmek açısından önemlidir (Sart & Çalışkan, 2019). Ancak, belirli alanlarda üniversite-sanayi iş birliklerinin kolaylaştırıcıları ve engelleri üzerine sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır (Garnweidner-Holme et al., 2021). Dahası, endüstri, üniversite ve araştırma enstitüsünün iş birliği, belirli bir kural veya standarda göre birlikte araştırma yapma şeklinde bir tür birliktelik oluşturur (Xu & Xu, 2012). Üniversite-sanayi iş birliği, imalat sanayi-üniversite inovasyon projelerinde bilginin yönetimini içerir ve yetenek yapısı perspektifinden işletmenin teknolojik yeteneklerini geliştirmek için kritiktir (Hansen et al., 2019; Zhu et al., 2020). Üniversite-sanayi iş birliğinin en yaygın formları arasında bilgi yönetimi ve işletme inovasyon performansı yer almaktadır (Chen & Wei, 2008). Ayrıca, üniversite-sanayi iş birliği genellikle performans ölçüm sistemleri temelinde değerlendirilir ve öğrenme taleplerini ve endüstriye uygun çıktıları entegre eden iş birliği projelerini tanımlamak önemlidir (Rantala & Ukko, 2018; Laursen & Haase, 2019).

Üniversite-Sanayi İş Birliği'nin tarihi zaman içinde evrim geçirmiş, bilgi üretimi, ekonomik kalkınma ve politika önceliklerindeki değişiklikleri yansıtmıştır. Üniversiteler ile endüstri arasındaki iş birliği geniş ölçüde uygulanmış olup, sektörler ve bilimsel disiplinler arasında farklılıklar gözlemlenmiştir (Perkmann & Walsh, 2007). Bu, rekabetçi toplumların temeli ve her iki kuruluşun sürekli iyileştirmesinin bir parçası olarak kabul edilmiştir. Üniversite-sanayi iş birliği kavramı, mühendislik eğitiminin küresel gelişiminde aktif olarak artmaktadır (Chandrasekaran et al., 2015). Üniversite-sanayi iş birliğinin tarihsel bağlamı, 1990'lere kadar uzanmakta olup, üniversite, endüstri ve hükümet arasındaki iş birliğini vurgulayan "üçlü heliks" modelinin önerildiği döneme dayanmaktadır ("Professional Practice: A Case Study of Collaborations between Education and Industry", 2021). Bu model, akademi ve endüstri

arasındaki ortaklıkların inovasyonu ve ekonomik büyümeyi yönlendirmedeki önemini vurgulamıştır. Ayrıca, 2000'lerin başında "açık inovasyon"un ortaya çıkması, özellikle Japonya'da üniversite-sanayi iş birliğini ön plana çıkarmıştır (Kuwashima, 2018). Açık inovasyon, içsel inovasyonu yönlendirmek için dışsal fikirlerin ve teknolojilerin kullanılmasının önemini vurgulayarak, üniversiteler dahil dış ortaklarla iş birliğinin önemini vurguladı. Üniversite-sanayi iş birliğinin tarihsel evrimi, üniversiteler, işletmeler ve hükümetler arasında daha büyük iş birliğini ve alışverişi teşvik etmeye yönelik politika mekanizmalarının etkisi altında olmuştur (Godin & Gingras, 2000). Hükümetler, ekonomik kalkınmayı yönlendirmede bilgi alışverişinin ve inovasyonun değerini tanıyarak, çeşitli politika mekanizmaları aracılığıyla iş birliğini teşvik etmişlerdir. Ayrıca, üniversite-sanayi iş birliğinin tarihsel evrimi, bu ilişkilerin değerlendirilmesi ve yönetiminde bir değişimle karakterize edilmiştir. Üniversite-sanayi ilişkilerinin değerlendirilmesi için bir teorik çerçeve 1990'larda önerilmiş, çatışma ve iş birliğinin bir arada yönetilmesine vurgu yapmıştır (Bonaccorsi & Piccaluga, 1994). Ayrıca, üniversite-sanayi bağlamında ilişki kurma ve geliştirmenin mikro dinamikleri, bu iş birliklerinin evrilen doğasını yansıtan bir sosyal sermaye perspektifi kullanılarak araştırılmıştır (Thune, 2007). Üniversite-sanayi iş birliğinin dijital dönüşüm sürecindeki katkısı gerçekten önemlidir; inovasyona, bilgi alışverişine ve yeni iş modellerinin gelişimine katkıda bulunur. Bu iş birliği, ekonomik büyümeyi yönlendiren ve inovasyonu teşvik eden stratejik bir ortaklık olarak geniş bir şekilde kabul edilmiştir. Üniversite-sanayi iş birliği ağlarının bilgi sızıntıları üzerindeki etkisi modellenmiştir, bu tür iş birliklerinin bilgi üretimi ve inovasyon üzerindeki etkisi vurgulanmıştır (Ponds et al., 2009). Ayrıca, yaratıcı endüstriler dahil çeşitli sektörlerde iş modellerinin dijital dönüşümü, üniversite-sanayi iş birliği tarafından etkilenmiş, bu bağlamda bütünsel çerçeve ve ortaya çıkan trendlere vurgu yapılmıştır (Li, 2020). Yeni sanayileşmiş ülkelerdeki yeni ve olgun endüstrilerin bağlamında, üniversite-sanayi iş birliğinin inovasyon için hayati öneme sahip olduğu; öğrencilerin ve firma çalışanlarının kamu araştırma kuruluşları ile şirketler arasında arabuluculuk yapmada temel bir rol oynadığı bulunmuştur (Freitas et al., 2013). Ayrıca, çevresel sürdürülebilirliği artırmada dijitalleşmenin önemi vurgulanmış, üniversite-sanayi iş birliğinin daha bağlantılı ürün ve hizmetlere doğru dönüşümü kolaylaştırmada etkili olduğu belirtilmiştir (Melander & Pazirandeh, 2019). Ayrıca, üniversite-sanayi iş birliğinin düşük karbonlu teknoloji inovasyonunu teşvik etmedeki rolü vurgulanmış, dijital dönüşüm ve teknoloji inovasyonunda bilgi paylaşımının olumlu etkisi vurgulanmıştır (Hou et al., 2023). İş birliği ağları, dijital dönüşümün bir direği olarak tanımlanmış, devam eden dönüşüm süreçlerine katkıda bulunmuştur (Camarinha-Matos et al., 2019). Ayrıca, gelişmekte olan ekonomilerde imalat KOBİ'lerini revize etmede üniversite-sanayi bilgi transferinin stratejik katkısı araştırılmış, akademik mükemmeliyetin ve bilgi transferinin endüstri büyümesini yönlendirmedeki rolü vurgulanmıştır (Saruchera et al., 2014).

Dijital dönüşüm süreci, organizasyonların operasyonlarına dijital teknolojileri ve yetenekleri entegre etmelerini sağlayan çeşitli modelleri içermektedir. Bu modeller, dijital dönüşüm girişimlerini anlama, planlama ve uygulama konusunda yapılandırılmış metodolojiler sunar ve her biri benzersiz perspektifler ve içgörüler sağlar. Misra ve diğerleri tarafından önerilen "Dijital Dönüşüm Modeli" bu modellerden biridir. Bu model, dijital dönüşümün çok yönlü doğasını anlamak için kapsamlı bir çerçeve sunar (Misra vd., 2018). Başka bir önemli model, Warner ve Wäger tarafından önerilen "Dinamik Yetenekler Modeli"dir. Bu model, dijital dönüşümün sürekli doğasını ve yeni dijital teknolojiler kullanarak bir organizasyonun iş modeli, iş birliği yaklaşımı ve kültürünün stratejik yenilenmesini vurgular (Warner & Wäger, 2019). Santarsiero'nun "Stratejik Planlama Modeli", dijital dönüşüm girişimlerinin hem teorik hem de pratik yönlerini dikkate alan, denge kartı ve yumuşak sistem yaklaşımı gibi unsurları içeren bir model önererek dijital dönüşüm literatürüne katkı sağlar (Santarsiero, 2023). Dang-Pham ve diğerleri, dijital dönüşüm yolculuğundaki sürekli iyileşmeyi ve uyarlanmayı vurgulayan

dinamik yetenekler çerçevesinden etkilenen "Dijital Kaizen" süreç modelini önerir (Dang-Pham vd., 2022). Zhang ve diğerleri, dijital dönüşümün, eksploitation ve keşifçi inovasyon üzerindeki etkisini ve bunun sonucunda işletmelerin organizasyonel direncine olan etkisini keşfeden teorik bir model oluştururlar, dijital dönüşüm, inovasyon ve direnç arasındaki bağlantıyı vurgularlar (Zhang vd., 2021). Ayrıca, Bican ve Brem, dijital hazırlık, dijital teknoloji, dijital iş modelleri, inovasyon ve dijital dönüşüm süreci arasındaki sürdürülebilir ilişkiyi keşfeden "Kavramsal Çerçeve" adlı bir model önerirler, bu da bu unsurların bağlantılılığını ortaya koymaktadır (Bican & Brem, 2020).

Kaynakça

- Arenas, J. and González, D. (2018). Technology transfer models and elements in the university-industry collaboration. *Administrative Sciences*, 8(2), 19. <https://doi.org/10.3390/admsci8020019>
- Azieva, R. (2021). Assessing the readiness of oil and gas companies for digital transformation.. <https://doi.org/10.15405/epsbs.2021.11.244>
- Berman, S. (2012). Digital transformation: opportunities to create new business models. *Strategy and Leadership*, 40(2), 16-24. <https://doi.org/10.1108/10878571211209314>
- Bharadwaj, A., Sawy, O., Pavlou, P., & Venkatraman, N. (2013). Digital business strategy: toward a next generation of insights. *Mis Quarterly*, 37(2), 471-482. <https://doi.org/10.25300/misq/2013/37:2.3>
- Bican, P. and Brem, A. (2020). Digital business model, digital transformation, digital entrepreneurship: is there a sustainable “digital”? *Sustainability*, 12(13), 5239. <https://doi.org/10.3390/su12135239>
- Bonaccorsi, A. and Piccaluga, A. (1994). A theoretical framework for the evaluation of university-industry relationships. *R and D Management*, 24(3), 229-247. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.1994.tb00876.x>
- Camarinha-Matos, L., Fornasiero, R., Ramezani, J., & Ferrada, F. (2019). Collaborative networks: a pillar of digital transformation. *Applied Sciences*, 9(24), 5431. <https://doi.org/10.3390/app9245431>
- Chandrasekaran, S., Littlefair, G., & Stojcevski, A. (2015). Staff and students views on industry-university collaboration in engineering. *International Journal of Advanced Corporate Learning (Ijac)*, 8(2), 13. <https://doi.org/10.3991/ijac.v8i2.4408>
- Chen, J. and Wei, S. (2008). University–industry collaboration, knowledge management and enterprise innovation performance. *Industry and Higher Education*, 22(5), 275-287. <https://doi.org/10.5367/000000008786102017>
- Cho, S. and Youngseok, Y. (2009). A field study on global r&d centers in korea: focusing on global it industry policy with gap approach. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 10(12), 3797-3803. <https://doi.org/10.5762/kais.2009.10.12.3797>
- Câne, R. (2021). Development of smart villages as a factor for rural digital transformation. *Environment Technology Resources Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*, 1, 43-49. <https://doi.org/10.17770/etr2021vol1.6553>

- Dang-Pham, D., Hoang, A., Vo, D., & Kautz, K. (2022). Digital kaizen: an approach to digital transformation. *Australasian Journal of Information Systems*, 26. <https://doi.org/10.3127/ajis.v26i0.3851>
- Dooley, L. and Kirk, D. (2007). University-industry collaboration. *European Journal of Innovation Management*, 10(3), 316-332. <https://doi.org/10.1108/14601060710776734>
- Freitas, I., Marques, R., & Silva, E. (2013). University–industry collaboration and innovation in emergent and mature industries in new industrialized countries. *Research Policy*, 42(2), 443-453. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.06.006>
- Galimova, M. (2019). Readiness of russian enterprises to digital transformation: organizational drivers and barriers. *Bulletin Usptu Science Education Economy Series Economy*, (1), 27. <https://doi.org/10.17122/2541-8904-2019-1-27-27-37>
- Garnweidner-Holme, L., Lieberg, H., Irgens-Jensen, H., & Telle-Hansen, V. (2021). Facilitators of and barriers to collaboration between universities and the food industry in nutrition research: a qualitative study. *Food & Nutrition Research*, 65. <https://doi.org/10.29219/fnr.v65.7874>
- Garrigós, J., Rincón-Díaz, C., & Igartua, J. (2013). Research technology organisations as leaders of r&d collaboration with smes: role, barriers and facilitators. *Technology Analysis and Strategic Management*, 26(1), 37-53. <https://doi.org/10.1080/09537325.2013.850159>
- Gilli, K., Lettner, N., & Guettel, W. (2023). The future of leadership: new digital skills or old analog virtues?. *Journal of Business Strategy*. <https://doi.org/10.1108/jbs-06-2022-0093>
- Godin, B. and Gingras, Y. (2000). Impact of collaborative research on academic science. *Science and Public Policy*, 27(1), 65-73. <https://doi.org/10.3152/147154300781782147>
- Hansen, I., Mork, O., & Welø, T. (2019). Managing knowledge in manufacturing industry - university innovation projects., 603-610. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29996-5_69
- Hou, J., Bai, W., Zhang, S., & Yang, X. (2023). How does digital transformation promote low-carbon technology innovation? the case of chinese manufacturing companies. *Polish Journal of Environmental Studies*, 32(4), 3145-3159. <https://doi.org/10.15244/pjoes/161983>
- Khin, S. and Ho, T. (2019). Digital technology, digital capability and organizational performance. *International Journal of Innovation Science*, 11(2), 177-195. <https://doi.org/10.1108/ijis-08-2018-0083>
- Kobayashi, H., Kato, M., & Maezawa, Y. (2011). An r&d management framework for eco-technology. *Sustainability*, 3(8), 1282-1301. <https://doi.org/10.3390/su3081282>
- Kuwashima, K. (2018). Open innovation and the emergence of a new type of university–industry collaboration in japan. *Annals of Business Administrative Science*, 17(3), 95-108. <https://doi.org/10.7880/abas.0180314a>
- Laursen, L. and Haase, L. (2019). Problem framing in university-industry collaborations: the case of knorr.. <https://doi.org/10.35199/epde2019.75>
- Lee, C., Wang, D., & Desouza, K. (2021). Digital transformation and the new normal in china: how can enterprises use digital technologies to respond to covid-19?. *Sustainability*, 13(18), 10195. <https://doi.org/10.3390/su131810195>

- Legowo, M. and Sorongan, F. (2022). Accelerating digital transformation during the covid-19 pandemic: a model design for indonesian msmes. *Binus Business Review*, 13(2), 203-211. <https://doi.org/10.21512/bbr.v13i2.8447>
- Li, F. (2020). The digital transformation of business models in the creative industries: a holistic framework and emerging trends. *Technovation*, 92-93, 102012. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2017.12.004>
- Li, L., Su, F., Zhang, W., & Mao, J. (2017). Digital transformation by sme entrepreneurs: a capability perspective. *Information Systems Journal*, 28(6), 1129-1157. <https://doi.org/10.1111/isj.12153>
- Lizarralde, R., Ganzarain, J., & Zubizarreta, M. (2020). Assessment and selection of technologies for the sustainable development of an r&d center. *Sustainability*, 12(23), 10087. <https://doi.org/10.3390/su122310087>
- Mao, D. and Zheng, Q. (2009). Encouraging an environment for pharmaceutical r&d in china. *Journal of Pharmaceutical Innovation*, 4(3), 152-154. <https://doi.org/10.1007/s12247-009-9066-2>
- Melander, L. and Pazirandeh, A. (2019). Collaboration beyond the supply network for green innovation: insight from 11 cases. *Supply Chain Management an International Journal*, 24(4), 509-523. <https://doi.org/10.1108/scm-08-2018-0285>
- Misra, A., Misra, D., Mahapatra, S., & Biswas, S. (2018). Digital transformation model.. <https://doi.org/10.1145/3209281.3209359>
- Palfreyman, J. and Morton, J. (2022). The benefits of agile digital transformation to innovation processes. *Journal of Strategic Contracting and Negotiation*, 6(1), 26-36. <https://doi.org/10.1177/20555636221079943>
- Park, S. and Gil, Y. (2006). How samsung transformed its corporate r&d center. *Research-Technology Management*, 49(4), 24-29. <https://doi.org/10.1080/08956308.2006.11657384>
- Perkmann, M. and Walsh, K. (2007). University–industry relationships and open innovation: towards a research agenda. *International Journal of Management Reviews*, 9(4), 259-280. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2007.00225.x>
- Peças, P. and Henriques, E. (2006). Best practices of collaboration between university and industrial smes. *Benchmarking an International Journal*, 13(1/2), 54-67. <https://doi.org/10.1108/14635770610644574>
- Ponds, R., Oort, F., & Frenken, K. (2009). Innovation, spillovers and university-industry collaboration: an extended knowledge production function approach. *Journal of Economic Geography*, 10(2), 231-255. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbp036>
- Rachinger, M., Rauter, R., Müller, C., Vorraber, W., & Eva, S. (2019). Digitalization and its influence on business model innovation. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(8), 1143-1160. <https://doi.org/10.1108/jmtm-01-2018-0020>
- Rantala, T. and Ukko, J. (2018). Performance measurement in university–industry innovation networks: implementation practices and challenges of industrial organisations. *Journal of Education and Work*, 31(3), 247-261. <https://doi.org/10.1080/13639080.2018.1460655>
- Rupeika-Apoga, R., Petrovska, K., & Bule, L. (2022). Smes' digital transformation facilitated by covid-19.. <https://doi.org/10.20944/preprints202201.0340.v1>

- Samosir, P. (2023). Influence of digital transformation on suzuki dealer’s performance through innovation as intervening variable. *Krisnadwipayana International Journal of Management Studies*, 2(2), 56. <https://doi.org/10.35137/kijms.v2i2.758>
- Santarsiero, F. (2023). Developing a strategic planning model for developing, monitoring and evaluating digital transformation initiatives: a soft system approach. *Measuring Business Excellence*, 27(3), 449-459. <https://doi.org/10.1108/mbe-02-2023-0023>
- Sart, G. and Çalışkan, H. (2019). Yenilikçi firmalarının büyümesi üzerinde üniversite-sanayi arge işbirliğinin etkileri. *Üniversite Araştırmaları Dergisi*, 2(3), 183-186. <https://doi.org/10.32329/uad.629218>
- Saruchera, F., Tukuta, M., Ndoda, G., & Sikwila, M. (2014). Driving industry growth through academic excellence: a study on the strategic contribution of university-industry knowledge transfer in revamping manufacturing smes in developing economies. *Mediterranean Journal of Social Sciences*. <https://doi.org/10.5901/mjss.2014.v5n14p252>
- Thune, T. (2007). University–industry collaboration: the network embeddedness approach. *Science and Public Policy*, 34(3), 158-168. <https://doi.org/10.3152/030234207x206902>
- Ubiparipović, B., Matkovic, P., & Pavlicevic, V. (2023). Key activities of digital business transformation process. *Strategic Management*, 28(1), 33-40. <https://doi.org/10.5937/straman2200016u>
- Warner, K. and Wäger, M. (2019). Building dynamic capabilities for digital transformation: an ongoing process of strategic renewal. *Long Range Planning*, 52(3), 326-349. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2018.12.001>
- Zhang, J., Long, J., & Schaeven, A. (2021). How does digital transformation improve organizational resilience?—findings from pls-sem and fsqca. *Sustainability*, 13(20), 11487. <https://doi.org/10.3390/su132011487>
- Zhang, X., Xu, Y., & Ma, L. (2023). Information technology investment and digital transformation: the roles of digital transformation strategy and top management. *Business Process Management Journal*, 29(2), 528-549. <https://doi.org/10.1108/bpmj-06-2022-0254>
- Zhu, G., Minrong, W., Xia, F., & Mingze, Z. (2020). A case study on the mechanism of university-industry collaboration to improve enterprise technological capabilities from the perspective of capability structure. *Journal of Advances in Health*, 2(2), 99-125. <https://doi.org/10.3724/sp.j.2096-5141.2020.0006>
- Zhu, L., Verbeke, W., Xu, X., & Tizhe, L. (2012). Collaborative structures of china's university innovation based on patent analysis.. <https://doi.org/10.1109/ismot.2012.6679510>
- Ziółkowska, M. (2021). Digital transformation and marketing activities in small and medium-sized enterprises. *Sustainability*, 13(5), 2512. <https://doi.org/10.3390/su13052512>
- Štalmachová, K. and Chinoracky, R. (2021). Changes in business models caused by digital transformation and the covid-19 pandemic and possibilities of their measurement—case study. *Sustainability*, 14(1), 127. <https://doi.org/10.3390/su14010127>

Dökümde Proses Verimliliğini Artıran Pota Kapağı Tasarımı

**Gazican Özkan*, Alican İpek, Esra Börek, Gökhan Eser,
Nuran Bulut Taşçıoğlu, Hüseyin Eroğlu, Yasin Görgün**

Şafak Döküm Makina Parça San. ve Tic. A.Ş., Çiğli-İzmir, Türkiye

*gazican.ozkan@safakdokum.com

Giriş

Demir-çelik sektöründe önde gelen üretim yöntemlerinden olan dökümde kullanılan metal ergitme ocakları, sıvı metalin ergitme ocağından alınıp, döküm işlemine taşınmasında önemli bir rol oynamaktadır. Transfer işlemlerinin yanı sıra, bu potalar sıvı metalin döküme hazırlık aşamaları olan aşılama, alaşımlama gibi işlemler için de kullanılmaktadır [Gagnebin A.P. 1957].

2019 yılında dünyada gerçekleşen toplam metal döküm miktarlarında %46,94 oranla gri demir, %21,69 oranla düktil demir gelmektedir. Aynı yılın verilerinde, en çok üretim yapan ülkeler arasında 9. sırada yer alan ülkemizin verilerine baktığımızda ilk sırada, %40,38 düktil demir, %26,54 gri demir gelmektedir [WFO 2019]. Düktil demir (küresel grafitli dökme demir), mükemmel dökülebilirliği, önemli ölçüde üstün mekanik özellikleri ve düşük hammadde maliyeti nedeniyle en önemli mühendislik malzemelerinden biri haline gelmiştir. Düktil dökme demirin mikroyapısına bakıldığında, matris içine dağılmış küresel biçimli grafitlerden oluştuğu görülmektedir. Düktil demir, grafitleri lamel yerine küresel grafitte çeviren az miktarda magnezyumun (Mg) bir baz dökme demire ilavesi ile üretilebilmektedir. Küresel grafitli dökme demir üretiminin aşamaları aşağıdaki gibidir [Kiss I., 2021; Brown J.R. 2000]:

İlk aşamada yüksek küreselleştirme yeteneğine sahip, uygun kimyasal bileşimdeki bir baz dökme demirin döküm işlemi yapılır. Bileşimin uygunluğu, yüksek karbon eşdeğeri, yüksek karbon ve silisyum içeriği, düşük sülfür içeriği ile güvence altına alınmıştır. Dökme demir, küresel grafitin kristalleşmesine karşı koyan (küreselleşme önleyici) elementleri belirlenen limitleri aşan miktarlarda içermemelidir.

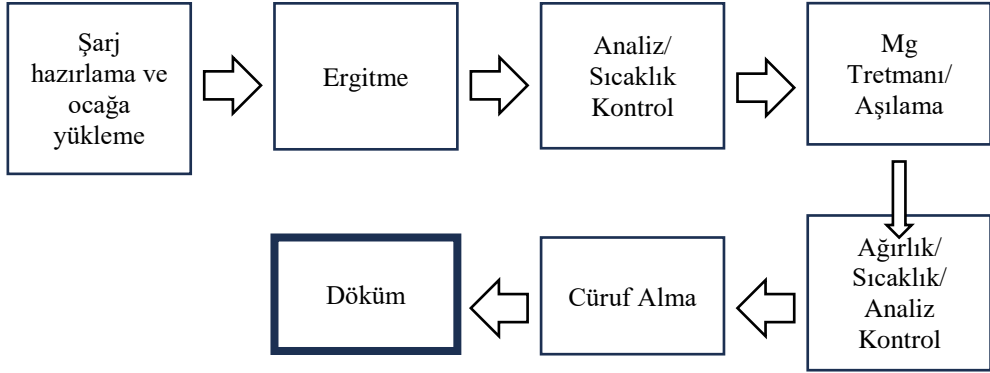
Küreselleştiricilerin ergimiş metale ilavesinde, çoğunlukla magnezyum veya bunun çeşitli alaşımlar formundaki taşıyıcıları bu amaç için kullanılır. Magnezyum eklemenin birkaç farklı yöntemi geliştirilmiştir. Öngörülebilir ve yüksek verimlilik sağlamak amacıyla alaşımdaki kükürt miktarına dikkat edilmelidir. Magnezyum, sıvı demirde bulunan kükürt ile kalıntı kükürt miktarı yaklaşık %0,01 olana kadar reaksiyona girer. Bu miktarlarda magnezyuma olan etkisi çok azdır. Magnezyum saf veya alaşım halinde genellikle magnezyum-ferro-silisyum (Mg-Fe-Si) olarak ergimiş dökme demire eklenir. Bu Mg-Fe-Si alaşımları ağırlıkça %3 ila %20 arasında Mg içerirler.

Aşılama ilavesi ile katılma esnasında aşırı soğuma miktarı en aza indirilmekte ve katılma da çekirdeklendirici olarak görev yapan yüzeylerin alaşım içerisindeki miktarı artırılmaktadır. Bu sayede dökme demirin mikroyapısal özellikleri kontrol altında tutulmaktadır. Aşılama aynı

zamanda küresel grafitlerin miktarını da artırmaktadır [Guzik 2008]. Gri dökme demirlerde etkili olan ferrosilisyum ve silisyum bazlı ticari aşılama ajanlarının birçoğu küresel grafitli dökme demirlerde de etkilidir ve alüminyum, kalsiyum, baryum ve stronsiyum gibi küçük elementlerin varlığı da bunların aşılama etkilerini artırmaktadır. Stronsiyum içeren ferrosilisyum, hem seryum hem de magnezyum içeren demirlerin aşılama için genellikle önerilmemektedir; fakat, yalnızca magnezyum içeren demirlerde etkisi yüksektir [Olsen S.O. 2004].

Firma bünyesinde küresel grafitli dökme demir üretiminde, ergitme ocakları ile istenilen kompozisyonda hazırlanan sıvı metal, potalar yardımıyla taşınarak magnezyum tretmanına tabi tutulmakta ve sonrasında kalıplama hatlarına transfer edilerek, döküm işlemleri gerçekleştirilmektedir. Sürece ait iş akış şeması Şekil 1’de gösterilmiştir.

Şekil 1. Küresel grafitli dökme demir üretimi akış şeması



Döküm işlemleri sırasında kullanılan potalar ve pota kapakları döküm işlem verimliliği üzerinde, özellikle ısı kaybının büyük ölçüde engellenmesini sağladıkları için büyük bir etkiye sahiptir. Ayrıca kapak kullanılmadığı takdirde, bir başka deyişle açık pota tercih edildiğinde, magnezyum tretman verimliliği düşmektedir. Bu durum, grafitlerin küreselleşme verimliliğinin düşmesine sebep olabilmekte ve dolayısıyla mikroyapısal ve mekanik özellikleri olumsuz etkileyebilmektedir.

Küresel grafitli dökme demirin ergitilmesi ve üretimi sırasında, küreselleştirici alaşım ve aşılama ajanlarının eklenmesinden sonra belirlenen nihai bileşim hedeflenerek, kimyasal bileşimin ayarlanması için gerekli işlemler yapılmaktadır [Vicente A.A. 2019].

Küresel grafitli dökme demirlerde Mg ile yapılan küreselleştirme işlemlerinin verimliliğini seçilen tretman metodu doğrudan etkilemektedir [Iacoviello F. 2016]. Bunun yanında, pota içi cep sayısı ve ceplerin örtülü olup olmaması da Mg asimilasyonuna etkileyen diğer faktörlerdir [Kiss I. 2022].

Aşılama işlemleri aşağıdaki yöntemlerden biri ile yapılabilir:

Sandviç yöntemi: Tretman alaşımı bir potanın tabanındaki bir cepte bulunur ve çelik hurdayla kaplanır. Yöntem yalnızca %10'dan az Mg içeren işlem alaşımlarıyla kullanıma uygundur [Brown J.R. 2000].

Tandış kapak: Bu, pota için özel olarak tasarlanmış bir kapağın Mg geri kazanımını iyileştirdiği, parlamayı ve dumanı neredeyse ortadan kaldırdığı tretman potasının geliştirilmiş halidir [Brown J.R. 2000].

Daldırma: Alaşım, genellikle bir pota kapağı ve duman tahliyesi ile birleştirilmiş, refrakter bir daldırma çanı kullanılarak potaya daldırılır.

Gözenekli tapa: Metalin kalsiyum karbür ile kükürtten arındırılması için gözenekli tapalı bir kepeç kullanılır ve metal, gözenekli tapa ile çalkalanırken tretman alaşımı daha sonra eklenir.

Devirmeli pota: Bir cepte Mg metali içeren özel bir devirmeli-pota kullanılır. Pota sıvı demir ile doldurulur, kapatılır ve Mg metali demirin altına batırılacak şekilde döndürülür.

Özlü tel işleme: Mg, FeSi, Ca içeren tel, özel bir istasyondaki kapalı bir işlem potası içinde sıvı metale mekanik olarak beslenir.

Kalıpta işlem: MgFeSi alaşımı, çalışan sistemde kalıplanmış bir bölmeye yerleştirilir, demir, alaşımın üzerinden akarken sürekli olarak işlenir.

Pota içi nodülizasyon, basitliği nedeniyle günümüz endüstrilerinde kullanılan en yaygın arıtma teknolojilerinden biridir. Pota içi işlem için, magnezyum-ferrosilisyum potanın içine yerleştirilmiş bir cebe koyulur ve daha sonra baz metal hurdası/talaşı, Şekil 2’de gösterildiği gibi aşılایıcı veya ferrosilisyum ile örtülür. Bu örtü, magnezyum-ferrosilisyum ile dökülen erimiş dökme demir arasında fiziksel bir bariyer görevi görerek reaksiyon süresini geciktirir ve magnezyum-ferrosilisyumun yüzmesini önler [Kiss I. 2021; Kiss I. 2022].

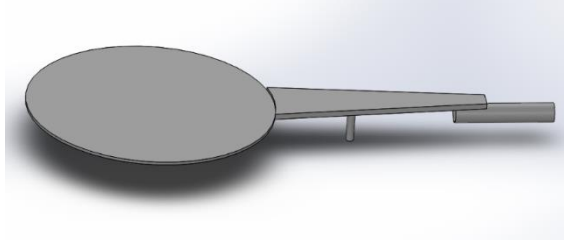


Şekil 2. Cepli açık pota Mg tretmanının şematik gösterimi [Kiss I. 2021]

Dökümden önce ergitilmiş metalin ocaktan döküm ağzına iletiminde kullanılan potalarda, sıvı metalin sıcaklığı uzun süre korunamamaktadır. Uygun olmayan sıcaklıkta kalıplama hattına gelen potalardaki sıvı metalle üretim yapılamamaktadır. Ayrıca, ocaktan potaya aktarılan sıvı metalin taşınması sırasında parlama ve zehirli gazların etrafa yayılması, üretimin verimliliğini düşürmekte ve çalışan sağlığı açısından olumsuzluklar oluşturabilmektedir. Bu çalışmada bahsi geçen problemleri çözebilmek/etkilerini minimize edebilmek ve döküm işlem verimliliğinin artırılması amacıyla, pota üzerine yerleşecek bir kapak için tasarım ve geliştirme faaliyetleri yürütülmüştür.

Materyal ve Metot

Çalışmada sfero döküm prosesinde kullanılan cepli tretman/aktarma potaları için pota kapağı tasarımı bilgisayar destekli üç boyutlu çizim programları aracılığıyla Şekil 3’teki gibi yapılmıştır. Operatöre kullanım kolaylığı sağlaması ve pota içi basıncın kritik seviyelere yükselmemesi amacıyla, potayı tamamen kapatmayacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 3. Tasarlanan pota kapağının üç boyutlu görseli

Tasarıma uygun kalınlıklarda çelik saclardan kesilen parçalar kaynak yöntemi ile birleştirilmiştir. Kapağın üretilmiş hali ve potada kullanımı Şekil 4’te gösterilmiştir. Kapak kullanımının döküm sürecine etkilerini incelemek adına için 8 farklı operasyon gerçekleştirilmiştir. Operasyon süreleri ve sıcaklık değerleri ölçülmüştür.



Şekil 4. Tretman/taşım potası ve pota kapağı

Bulgular ve Tartışma

Pota kapağı kullanılmadan ve kullanılarak gerçekleştirilen toplam 8 tretman ve taşıma operasyonları sırasında ölçülen sıcaklık değerleri Tablo 1’de, geçen süreler ise Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Operasyondaki sıvı metal sıcaklıkları

	Kapaksız				Kapak ile			
Ocak Çıkış Sıcaklığı (°C)	1540	1575	1582	1586	1569	1555	1540	1545
Döküm Öncesi Pota Sıcaklığı (°C)	1341	1378	1380	1375	1424	1399	1412	1400
Sıcaklık Farkı (°C)	199	197	202	211	145	156	128	145

Tablo 2. Operasyon süreleri

	Kapaksız				Kapak ile			
Pota mezgere bağlandığındaki süre (dk:s)	04:37	04:27	04:10	03:21	03:30	03:00	03:15	03:00
Son kalıp döküldüğünde süre (dk:s)	09:31	11:28	09:46	09:32	11:31	09:48	12:13	12:17

Bu çalışma kapsamında tasarlanan pota kapağının kullanımı ile,

- Potanın ocaktan mezgere gelene kadar geçen işlem süresi 57 saniye azaltılmıştır. Bu süreçteki sıcaklık kayıpları 58°C düşürülerek, düşük sıcaklıktan dolayı pota geri çekmeleri minimize edilmiştir.
- Potanın mezgere daha hızlı şekilde gelmesi ve tretman verimliliğinin artması ile tretmanlı döküm süresi yaklaşık 2dk 20s artırılmıştır.
- Parlama ve gaz çıkışının belirli ölçülerde engellenmesi ile çalışan sağlığına karşı oluşturabileceği olumsuz etkiler azaltılmıştır.

Bu değerlendirmeler sonucunda, pota kapağı kullanımının enerji kayıplarını azalttığı ve proses verimliliğini artırdığı saptanmıştır.

Kaynakça

- Brown J.R. (2000). Foseco Ferrous Foundryman's Handbook (Eleventh Edition), Chapter 6 Ductile Iron Butterworth-Heinemann,70-89, ISBN 9780750642842
- Gagnebin A.P. (1957). The Fundamentals of Iron and Steel Castings (First Edition), 40-60, The International Nickel Company, Inc.
- Guzik E. (2008). Analysis of quality and cost of FeSiMg treatment master alloy vs. cored wire in production of ductile cast iron. Archives of Foundry Engineering, 8, 45.

Iacoviello F, Di Cocco V. (2016), Ductile Irons: Ferritic–Pearlitic from: Encyclopedia of Iron, Steel, and Their Alloys CRC Press Accessed on: 22 Nov 2023 <https://www.routledgehandbooks.com/doi/10.1081/E-EISA-120052870>

Kiss I. (2021). Comparative Study on the Optimal Method for Nodulizing of Iron’s Graphite Using the In-Ladle Treatment Techniques, Technical Journal, 15, 4(2021), 504-509

Kiss I. (2022). Constructive Improvements in the In-Ladle Treatments - A Comparative Industrial Study Technical Journal 16, 1(2022), 106-112

Olsen J., Skaland T., Hartung C. (2004). Inoculation of Grey and Ductile Iron: A Comparison of Nucleation Sites and Some Practical Advices. Elkem Foundry Products, Technical Report

Vicente A.A. (2019) Nucleation and growth of graphite particles in ductile cast iron / Journal of Alloys and Compounds 775 (2019) 1230-1234

WFO (2019). Census of World Casting Production in 2019, The World Foundry Organization. <https://www.thewfo.com/contentfiles/downloads/51.pdf> [Accessed 20 Nov 2023]

Talaşlı İmalatta Proses İyileştirmeye Yönelik Fatura Açma Takımı Tasarımı

Gazican Özkan*, Esra Börek¹, Alican İpek¹, Hüseyin Eroğlu¹, Nuran Bulut Taşcıoğlu¹, Gökhan Eser¹, Yasin Görgün¹

Şafak Döküm Makina Parça San. ve Tic. A.Ş., Çiğli-İzmir, Türkiye
gazican.ozkan@safakdokum.com

Giriş

Fren sistemi araçlardaki en önemli sistemdir. Frenler hareket eden araçtaki kinetik enerjiyi absorplayarak durma sırasında ısı enerjisine dönüştürür (Aleem M.A. 2018; Sudheer K. 2017). Fren sistemleri genellikle kampanalı veya diskli olmaktadır. Günümüzde ağır ticari araçlar ve römorklarda çoğunlukla kampanalı fren sistemi kullanılmaktadır. Kampana, bu fren sisteminin alt bileşenlerinden biri olup araçta bijonlarla tekerlek göbeğine monte edilmektedir. Kampana silindirik bir parça olup, tekerlek ile birlikte döner. Pabuçların üzerine basmasıyla sürtünme kuvveti oluşturur. Araçtaki fren pedalına sürücü tarafından basıldığında, fren tablasındaki tekerlek, fren silindirinde yer alan pistonları basınçlı fren yağı ile iki tarafa doğru açar ve fren pabuçlarını kampanaya doğru ittirir. Bu pabuçların dış kısmında bulunan fren balataları, kampananın iç yüzeyine sürtünerek frenleme işleminin gerçekleşmesini sağlar. Bu sırada sürtünmeden kaynaklı ısı açığa çıkarak sıcaklık artışı meydana gelir. Bu sebeple, yüzey aşınması ve plastik deformasyon etkilerine karşı, fren kampanalarının mekanik dayanımlarının, ısı iletkenliklerinin ve ısı kapasitelerinin yüksek olması, ısıl genleşme katsayılarının ise düşük olması beklenmektedir (Genç B. 2019).

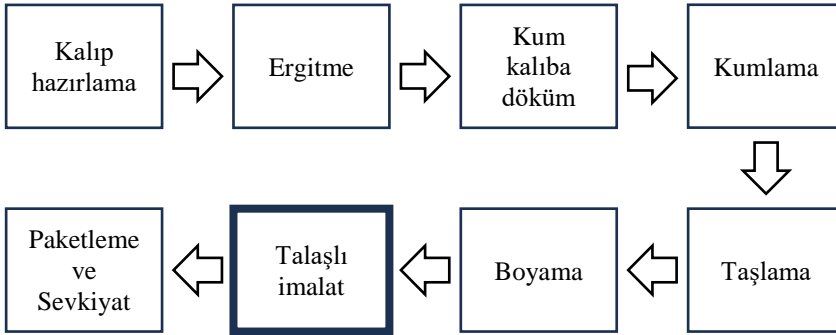
Çoğunlukla dökme demirden üretilen kampanalar nihai ürün haline gelmek için talaşlı imalat ile işlenmektedir. Pabuçlarla temas edecek olan kampana iç yüzeyi pürüzsüz halde işlenmelidir (Aleem M.A. 2018). Genel olarak talaşlı imalat işlemlerinde diğer şekillerden daha fazla delik üretilmesi muhtemeldir ve bunların büyük bir kısmı delme işlemi ile yapılır. Gerçekleştirilen tüm işleme süreçlerinin yaklaşık %25'ini delme işlemi oluşturur (Black J.T. 2008).

Materyal ve Metot



Şekil 1. Çalışmada kullanılan kampananın 3D tasarımı

Firmamız bünyesinde gri dökme demirden üretilen Şekil 1’de üç boyutlu tasarımı görülen kampananın üretim süreci Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Fren kampanasının üretim akış şeması [Özkan G. 2023]

Kampana üzerinde gerçekleşen tüm talaşlı imalat işlemleri aynı tezgâhta gerçekleşmemektedir. Talaşlı imalat işlemlerinden delik operasyonu firma bünyesinde bulunan MAZAK SCV 2000L/120 dikey işlem merkezinde tek operatör yardımıyla otomatik olarak gerçekleştirilirken, oyma işlemleri için universal tezgâha giderek, farklı iki operatör tarafından tezgâha yerleştirilmekte ve fatura açma işlemi el ile yapılmaktadır (Şekil 3). MAZAK dikey işlem merkezinde işlemler otomatik olarak gerçekleşirken, universal tezgâhta operatöre bağlı el ile işlem yapıldığından, operatör kaynaklı parçanın hatalı işlenerek fireye ayrılması, işleme takım ucunun fazla yük uygulanmasından dolayı kırılması gibi problemler ortaya çıkabilmektedir.

Universal tezgâha gelen parça için de yerleştirme sırasında iki ve işleme sırasında bir operatörün fazladan çalışması işçilik maliyetlerini de artırmaktadır. Bu maliyetlerin azaltılması ve işlemlerin tek bir tezgâhta tek bir operatör tarafından gerçekleştirilmesi adına gerekli takım tasarımı çalışmaları gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Takım tasarımı öncesi iki operatör tarafından yapılan oyma işlemi

Parça başı maliyetlerin azaltılması ve işlemlerin tek bir tezgâhta tek bir operatör tarafından gerçekleştirilmesi adına bu çalışma kapsamında geliştirilen fatura açma takımı için; tasarım, uygun malzeme seçimi, takım imalatı ve MAZAK dikey işleme merkezine montajı, genel maliyet analizi ve sonuçların değerlendirilmesi faaliyetleri gerçekleştirilmiştir.

Tasarım aşamasında, üretim hattındaki dikey işleme merkezinde kullanılmak üzere, fatura açma işlem gereklilikleri ve tezgâha montaj için işleme mesafesine uygunluğu dikkate alınarak, aparatın ölçüleri belirlenmiştir. Şekil 4, fatura açma takımına ait üç boyutlu tasarımı göstermektedir.



Şekil 4. Fatura açma takımının 3 boyutlu tasarımı

Takım için, kullanım yerine uygun özelliklere sahip olan ısıl işlemleri, düşük alaşımlı AISI 4340 çeliği seçilmiştir. İlgili alaşım % 0,4 C, %0,8 Cr, %0,25 Mo ve %1,8 Ni içeriğine sahiptir [ASTM A322-2013]. Ayrıca alaşımın mekanik özelliklerine bakıldığında, 217 HB sertlik, 745 MPa çekme dayanımı ve 470 MPa akma dayanımı karşımıza çıkmaktadır.

Malzeme seçimi ve tasarımın aşamalarından sonra, mil şeklinde temin edilen malzeme üzerinden işleme adımları belirlenerek takımın işleme tezgâhında imalat faaliyetleri gerçekleştirilmiştir. Kampanaların delik ve oyma işlemlerinin gerçekleştiği MAZAK dikey işleme merkezine veldon tutucu ile montajı yapılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Fatura açma takımının tezgâha montajı

Dikey işleme tezgâhında delik delme işleminin ardından Şekil 6’da görüldüğü gibi takım delik içinden girerek parçanın alt yüzeyinde oyma işlemini, parçanın ters çevrilmesine gerek duymadan gerçekleştirmektedir. Eksantrik tasarım dolayısıyla 24 mm ve üzerindeki çap ölçülerine sahip deliklere girerek, kampana tasarımına uygun 40mm çaplı oyma (spot facing /back spot facing) işlemlerini gerçekleştirebilmektedir.



Şekil 6. Takımın kampana üzerindeki oyma işlemi

Bulgular ve Tartışma

Takım tasarımı öncesi çalışmadaki kampanaya ait oyma operasyonu (10 adet delik) için işlem süresi yaklaşık olarak 227 saniyedir. Geliştirilen takım ile oyma operasyonu için işlem süresi yaklaşık olarak 96 saniyeye indirilmiştir.

Tasarım faaliyetleri sonrasında geliştirilen takım sayesinde, tüm delik ve oyma işlemleri dik işlem merkezinde otomatik olarak gerçekleştirilmekte ve daha önce bahsi geçen hataların oluşma riskinin azaltılması sonucunda talaşlı imalat işleme kalitesi de artmaktadır. Yapılan çalışmanın sonuçlarına bakıldığında, firma bünyesinde üretilip işlenen 30 farklı iş parçasının işlenmesinde kullanılan nihai ürün ile proses süresinin azaltılması ile maliyet avantajı sağlanmaktadır.

Dikey işlem merkezinde 24 mm ve üstünde delik çapına sahip olan kampana deliklerinin alt taraflarına 40 mm çapında fatura açma operasyonu, parçanın çevrilmesine gerek duyulmadan tek seferde gerçekleşmektedir. Bu noktada, ilgili operasyon sürecinde görev alan operatör sayısının azaltılmasıyla, işçilik maliyetlerinden kazanç sağlandığı görülmektedir. Ayrıca delik ve oyma operasyonlarının tamamının otomatik olarak gerçekleşiyor olmasından dolayı operatörden kaynaklı parçaların fireye ayrılması ve takım uçlarının kırılması riskleri de azaltılmıştır.

Kampana üretiminde oyma işlem süresi 131 saniyeye düşürülmüştür. Böylelikle üretimin en önemli girdileri arasında olan zaman ve işçilik maliyetlerinden kazanç sağlanmış ve proses verimliliğinde artış görülmüştür.

Maliyet Hesabı

Firmamız bünyesinde üretilen 30 parçanın 2023 yılı içerisindeki üretim adetlerine baktığımızda üretilen 10000 adet parçanın aparat kullanımına uygun olduğu tespit edilmiş ve buna göre yaklaşık maliyet hesabı yapılmıştır. (Hesaplamalarda 1 Euro: 29 TL olarak kabul edilmiştir.) Takımın en az 10000 parça kullanıma dayanacağı hesaba katılmıştır. MAZAK işleme maliyeti 12€/saat, Universal tezgâh işleme maliyeti 4€/saat, işçilik maliyeti 55TL/saat olarak hesaplamalar yapılmıştır.

Takımın malzeme ve işleme giderleri yaklaşık 1500 TL olmuştur.

MAZAK fazla çalışma maliyeti= işleme süresi (saat) x saat maliyeti x parça sayısı= 96s/3600*12€*29*10 000=92 800 TL

İşçilik giderinden kazanç= kazanılan süre (saat) x saatlik ücret x işçi sayısı x parça adedi =121s/3600 * 55TL * 2 işçi * 10000 parça =36 972,22 TL

Universal tezgâh kullanmama kazancı= işlemeden kazanılan süre (saat) x saat maliyeti x parça sayısı= 227s/3600* 4*29*10000 parça=73 144,44TL

Genel Toplam= İşçilik Kazancı + Universal Tezgâh Kazancı- MAZAK Fazla Çalışma Maliyeti- Takım Maliyeti

Genel Toplam= 36972,22 TL +73144,44 TL -92800 TL -1500 TL =15.816,67 TL kazanç öngörülmektedir.

Belirtilen genel sonuçlar ve değerlendirmelerin yanı sıra, bu çalışmada ortaya çıkan takımın, firmamız bünyesinde gerçekleştireceğimiz yeni ürünlerin devreye alınması sürecinde de fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

Aleem M.A., Saad A.A., Sohail A., Siraj S.A., Reddy M. R. (2018) Design and Analysis of Drum Brakes, International Journal of Advanced Technology and Innovative Research, Vol 10, Issue 04, P 0348-0354

ASTM A322 (2013). Standard Specification for Steel Bars, Alloy, Standard Grades

Black J.T., Kohser R. A. (2008). DeGarmo’s Materials and Processes In Manufacturing, 10th edition, Wiley, USA, 628 s. ISBN 13-978-0470-05512-0

Genç B. (2019). Binek Araçlarda Kullanılan Kampana Fren Sisteminin Özelliklerinin İyileştirilmesi ve Tasarımının Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa, Türkiye.

Özkan G., Görgün Y., Eroğlu H., Öztürk E., Yağcı T. (2023). Fren Kampanalarının Talaşlı İmalatında Verimliliği Artırmaya Yönelik Aparat Tasarımı, 17. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi Bildiri Tam Metin Kitabı, Asos Yayınları, Ankara, 175-181 ISBN 978-625-6861-40-4

Sudheer K. (2017). Desing and Analysis of Drum Brake, nternational Journal of Advanced in Management, Technology and Engineering Sciences, Vol 7, Issue XI, 374-388, ISSN NO : 2249-7455

Otomobil Süspansiyon Parçalarında Tork ve Boşluk Değerlerine Ortam Sıcaklığının Etkisinin İncelenmesi

Talha İkbal Çığır^{1, a}, Deniz Bal¹, Furkan Göğer¹, Ömer Çiftçi¹, Selman Aydın¹

AYD Otomotiv Endüstri A.Ş, Konya, 42250, Türkiye

^acigir.talha@aydtr.com

Giriş

Araçlarda bulunan süspansiyon sistemleri genel olarak emniyet ve konfor sistemleridir. Bir aracın konforunun ve emniyetinin iyi olması isteniyorsa süspansiyon sisteminin bakımı çok önem arz etmektedir. Süspansiyon sistemleri; tekerlekler ve şase arasında yer almakta olan amortisör, yay, burç, çubuk, bağlantı ve kollardan oluşan emniyet sistemleridir. Araç gövdesini akslar üzerinde tutulması, süspansiyon sistemi sayesinde olmaktadır. Çeşitli sorunlardan kaynaklanan anormal hareketleri sönmülemek ve araç içine fazla yansıtılmak adına titreşimi absorbe eden süspansiyon sisteminin görevlerinden birkaçı aşağıda verilmiştir (Emekli, 2008).

- Uygun olmayan yol şartlarından araç gövdesinin korunması ve korunarak konfor seviyesinin yüksekte tutulması: Bu özellik aynı zamanda aracın savrulma hareketlerinin emniyetli bir şekilde meydana gelmesini sağlar.
- Aracın düzgün veya düzgün olmayan yol şartlarında fren ve hızlanma anında yol tutuş kabiliyetinin sağlanması: dikey kuvvetlerin etkisi sonucunda tekerleklerde meydana gelen şekil değişimi ile alakalıdır. Şekil değişiminin olmaması veya az olması sürüş sırasında daha iyi yol tutuşu, çekiş, fren özelliklerini daha iyi olmasını sağlamaktadır (Isermann, 2005; Rajamani, 2006).
- Süspansiyon sisteminin en önemli görevlerinden bir tanesi de sürüş anında oluşabilecek yüksek frekanslı titreşimleri absorbe etmektir. Bu özellik araçta oluşabilecek gürültü, yorulma gibi unsurların engellenmesine yardımcı olmaktadır (Emekli, 2008)..

Süspansiyon sistemi elemanları kadar direksiyon sistemi elemanları olan rotiller, salıncaklar, burçlar gibi elemanlar da süspansiyon tipi aracın davranışlarını etkiler. Bu yüzden dolayı direksiyon sistemi elemanlarının bakımı da önem arz etmektedir (Eskandari ve Mirzadeh, 2006)

Otomobillerde, serbest süspansiyon sistemlerinin farklı modelleri kullanılmaktadır. Her bir tekerleğin ayrı şekilde çalışması ve kontrol edilmesi serbest süspansiyonlarda olmaktadır. Serbest süspansiyon sayesinde tekerlekler birbirinden bağımsız bir şekilde hareket edebilmekte ve buna rağmen aracın dengesi bozulmamaktadır. Ek olarak serbest süspansiyonlar sayesinde lastiklerin yorulma ömrü de uzamaktadır (Crouse ve Anglin, 1992).

Rot mili, rot kolu olarak da bilinen, bir tarafı direksiyon kutusuna bağlı, diğer tarafı da rot başına bağlı olan mafsallı bir parçadır. Rot mili, direksiyon kutusu ile tekerleği birbirine bağlar, sağa ve sola dönme hareketi bu milin itme ve çekmesiyle olur. Aracın esneme esnasında rahat hareket edebilmesi için rot milinin bir ucu oynar başlık şeklindedir. Dengeli sürüş için çok önemli olan

bu parça, güvenli sürüş ve aracın performansı için gerektiğinde değiştirilmelidir. Şekil 1’de örnek bir rot mili resmi verilmiştir.



Şekil 1. Rot mili parçası

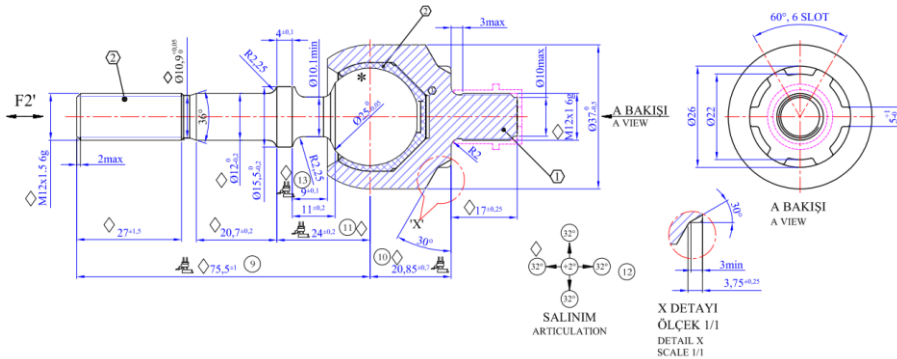
Materyal ve Metot

Test Numunesinin Özellikleri

Süspansiyon sisteminin en önemli bileşenlerinden birisi olan rot milinin araç altında işlevini doğru bir şekilde yerine getirebilmesi için, parçanın montajında küresel mafsals ile plastik yatak arasına yağ sürülmesi gerekmektedir. Yağların ortam sıcaklığına göre değişimi genellikle viskozite adı verilen bir özellik ile ilişkilidir. Yağlar genellikle sıcaklık arttıkça daha ince (daha az viskoz) hale gelir ve soğuduğunda daha kalın (daha viskoz) bir yapıya sahip olabilir. Düşük sıcaklıklarda yağlar katılaşma eğiliminde olabilir, bu durum yağın akışkanlığını azaltabilir. Yüksek sıcaklıklarda ise yağlar daha akışkan hale gelir. Bu nedenle, yağların viskozitesi, belirli bir uygulama için uygun sıcaklık aralığında kalmasını sağlamak amacıyla önemlidir.

Ortam sıcaklığı yağ miktarını doğrudan etkilemektedir. Ayrıca sıcaklık malzemelerin mekanik özelliklerini de değiştirebilmektedir. Kısaca yağın eksilmesi veya bitme etkenlerindeki en önemli parametre sıcaklıktır. Bu çalışmada ortam sıcaklığının rot millerindeki tork, aksel ve radyal boşluk değerlerine etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda ortam sıcaklığında test edilen parça ile yüksek ortam sıcaklığında test edilen parçanın farkı ortaya konulmuştur. Böylece parçanın uygun çalışma sıcaklık aralığı optimize edilmesi amaçlanmıştır.

Test numunesi olarak 25 mm mafsals olan rot mili ele alınmıştır. Gövde ve mafsals dövme sonrası talaşlı imalat ile üretilmektedir. Plastik yatak ise enjeksiyon yöntemi ile basılarak üretilmektedir. Mafsalsın malzemesi SAE 5140’tır. Gövde malzemesi olarak ise SAE 1040’tır. Test numunesinin teknik resim ölçüleri Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Rot mili teknik resim görüntüsü

Test sırasında sıcaklığı ölçülen ve verileri alınan yağ ise Klübersynth J 44-402 olarak seçilmiştir. Seçilen yağın özellikleri Şekil 3’te verilmiştir.

Product data	Klübersynth J 44-402
Density at 20 °C	approx. 0.90 g/cm ³
Colour space	beige
Flow pressure of lubricating greases, DIN 51805, test temperature: -40 °C	<= 1 400 mbar
NLGI grade, DIN 51818	2
Corrosion inhibiting properties of lubricating greases, DIN 51802, (SKF-EMCOR), test duration: 1 week, distilled water	<= 1 corrosion degree
Drop point, DIN ISO 2176, IP 396	>= 185 °C
Water resistance, DIN 51807 pt. 01, 3 h/90 °C, rating	1 - 90
Minimum shelf life from the date of manufacture - in a dry, frost-free place and in the unopened original container, approx.	24 months

Şekil 3. Klübersynth J 44-402 yağ özellikleri (Anon, 2023)

Testte Kullanılacak Makine ve Özellikleri

Testte kullanılacak numunenin testi yağ test makinesinde yapılmıştır. Yağ test makinesinin görüntüsü Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4. Yağ test makinesi

Yağ test makinesinin özellikleri genel olarak şöyle özetlenebilir:

- Aynı geometrideki ürünlerde farklı tip yağlar kullanarak en uygun gresin seçimini sağlayan test cihazıdır.
- 3 farklı numunenin testi gerçekleştirilebilmektedir.
- Farklı yağların kıyasında kullanılabilir.
- Test numunelerinin dönme hızı ayarlanabilmektedir.
- Test sırasında sıcaklık verileri anlık olarak IR sıcaklık sensörü ile yapılmaktadır.
- Ortam sıcaklığı ise Termocupl ile takip edilmektedir.
- 3 numunenin çevrim verileri, sıcaklık verileri gibi veriler ekrandan takip edilmektedir.
- Tüm veriler kayıt cihazı ile test sonunda alınabilmektedir.

Test makinesinin takip ve veri ekranı Şekil 5’te verilmiştir.



Şekil 5. Test veri ve takip ekranı

Test Prosedürü

Test başlangıcında ilk olarak test edilecek numuneler toplandı. Hepsinin aynı torkta ve boşlukta olmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Test iki farklı ortamda yapılacağından dolayı toplamda 6 numune toplatıldı. 3 numune normal oda sıcaklığında, 3 numune ise yüksek sıcaklık ortamında test edildi.

Test edilecek numunelerin test öncesi boşluk ve tork değerleri kaydedildi. Boşluk değerleri Zwick Roell z250 statik test cihazında alındı. Bilye pimi gövde içerisinde 20° açıyla ve 2,3 Hz ile dönmektedir. Test 1.000.000 çevrime ulaşınca kadar devam ettirilmelidir.

Test öncesi değerleri alınan 3 numune test makinesine Şekil 6’daki gibi bağlandı.



Şekil 6. Test bağlantı görüntüsü

Normal sıcaklıkta test edilecek numunelerin testi tamamlandıktan sonra yüksek sıcaklık ortamının hazırlanışına geçildi.

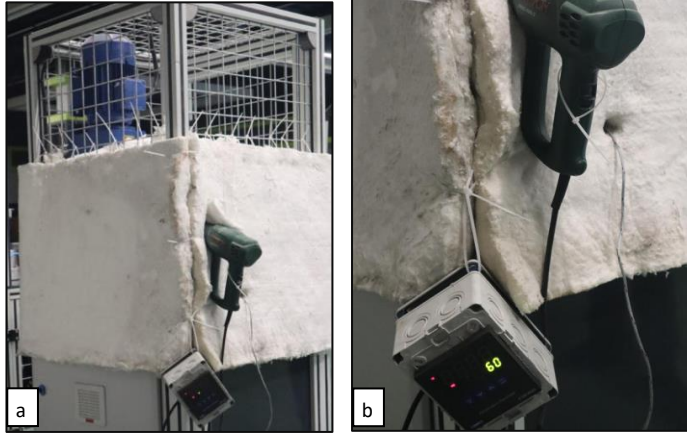
Yüksek Sıcaklık Ortamının Hazırlanışı

Ortam sıcaklığının korunması ve yüksek sıcaklıklara ulaşmak hedeflenmiştir. Bu hedefe ulaşmak için ise cam elyaf kullanılmıştır. Cam elyaf seçilme sebebi yalıtım özelliğinin yüksek olmasıdır. Cam elyaf ile çevrelenmiş test makinesinin görüntüleri Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. Cam elyafla kapatılmış test makinesi

Cam elyafla test ortamı kapatıldıktan sonra ise içeriye sıcaklık verme amacıyla sanayi tipi ısıtıcı kullanıldı. Sanayi tipi ısıtıcı için testin bir köşesinden delik açılmış olup, o delikten sıcaklık akışı sağlanmıştır. Sanayi tipi ısıtıcı ile sıcaklık veriminin görüntüsü Şekil 8’de verilmiştir. Ortam sıcaklığının takibi termocupl ile yapılmaktadır. Termocupl ile ölçülen sıcaklığın test makinesindeki yerleşimi Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 8. a) Sanayi tipi ısıtıcı ile ortama sıcaklık akışı b) Termocupl ile sıcaklık takibi

Bulgular ve Tartışma

Yapılan testler sonrasında tüm elde edilen sonuçlar toplanmış ve tablolara yerleştirilmiştir. Normal oda sıcaklığı şartlarında elde edilen verilerin sonuç tablosu Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Normal oda sıcaklık şartlarında elde edilen sonuç tablosu

GREASE TEST	TEST RESULTS							
	BEFORE TEST			AFTER TEST			MAXIMUM TEMPERATURE REACHED (°C)	AVERAGE TEMPERATURE REACHED (°C)
	ROTATIONAL		CLEARANCE	ROTATIONAL		CLEARANCE		
	WORKING	BREAKAWAY		WORKING	BREAKAWAY			
<i>Sample-1</i>	12,53 Nm	23,07 Nm	0,026 mm	0,70 Nm	2,65 Nm	0,052 mm	32,54	30,23

Tablo 1’de görüldüğü üzere ortam sıcaklığının test süresince maksimum ulaştığı sıcaklık 32,54 °C’dir. Test süresince elde edilen ortalama sıcaklık ise 30,23 °C’dir. Boşluk değerlerinde ise test öncesi 0,026 mm olan değer test sonrasında 0,052 mm olmuştur. Tork değerlerinde ise test öncesi 12,53 Nm ve 23,07 Nm olan değerler, test sonrası 0,70 Nm ve 2,65 Nm olarak ölçülmüştür.

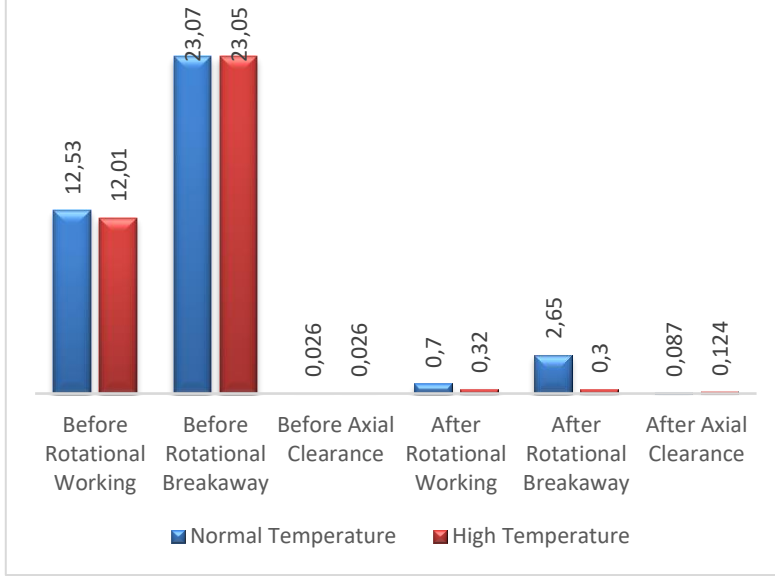
Tablo 2. Yüksek sıcaklık şartlarında elde edilen sonuç tablosu

GREASE TEST	TEST RESULTS							
	BEFORE TEST			AFTER TEST			MAXIMUM TEMPERATURE REACHED (°C)	AVERAGE TEMPERATURE REACHED (°C)
	OSCILLATION		CLEARANCE	OSCILLATION		CLEARANCE		
	WORKING	BREAKAWAY		WORKING	BREAKAWAY			
<i>High Temperature Sample</i>	12,01 Nm	23,05 Nm	0,026 mm	0,32 Nm	0,30 Nm	0,124 mm	94	76,4

Yüksek sıcaklık şartlarında elde edilen verilerin sonuç tablosu Tablo 2’de verilmiştir. Tablodan görüldüğü üzere ortam sıcaklığının test süresince maksimum ulaştığı sıcaklık 94 °C’dir. Test süresince elde edilen ortalama sıcaklık ise 76,4 °C’dir. Boşluk değerlerinde ise test öncesi 0,026 mm olan değer test sonrasında 0,124 mm olmuştur. Tork değerlerinde ise test öncesi 12,01 Nm ve 23,05 Nm olan değerler, test sonrası 0,32 Nm ve 0,30 Nm olarak ölçülmüştür.

İki farklı ortam şartlarında yapılan testler sonucunda elde edilen veriler Tablo 3’teki karşılaştırma sütun grafiği ile toplanmıştır.

Tablo 3. Test sonuçlarının sütun grafiği ile karşılaştırılması



Tablo 3’te verilen tablo doğrultusunda elde edilen sonuçlar ve yorumları şu şekilde özetlenebilir:

- Normal ortam sıcaklığında görülen maksimum yağ sıcaklığı: 32.54 C°
- Yüksek ortam sıcaklığında görülen maksimum yağ sıcaklığı: 94 C°
- Kayıt edilen test verilerine göre yaklaşık 100.000 çevrimden sonra yağların sıcaklığında ciddi bir artış olmuştur. Bu sıcaklık artışı da yağların zamanla azalmasına sebep olmuştur.
- Testlerde önceki ve sonraki değerler arasında kıyas yapılır. Bu kıyasta boşluk değerlerinin test sonrasında fazla yüksek olmaması, tork değerlerinde ise fazla düşük olmaması beklenmektedir.
- Elde edilen sonuçlar doğrultusunda boşluk değerlerinde; yüksek sıcaklık ortamındaki test sonrası boşluk değerleri, normal sıcaklık şartlarında yapılan numunenin test sonrası boşluk değerlerine göre %58 yüksektir.
- Elde edilen sonuçlar doğrultusunda tork değerlerinde; yüksek sıcaklık ortamındaki test sonrası tork değerleri, normal sıcaklık şartlarında yapılan numunenin test sonrası tork değerlerine göre %88 düşüktür.
- Yağın azalması hatta bitmesi anında ise test numunesinde bulunan plastik yatağa zarar gelmeye başlamıştır.
- Sonuç olarak ideal yağ sıcaklığı 25 ila 33 derece arasında kalmalıdır. Bu sıcaklığın artması durumunda ise parça bileşenlerine ve parçaya zarar gelmektedir.

Kaynakça

- Anon. (2023). <https://www.klueber.com/tr/tr/urunler-ve-servisler/urunler/kluebersynth-j-44-402/10128>
- Birch, T. (1998). Automotive suspension and steering system, CENGAGE Delmar Learning; 3rd edition.

Crouse, W. H., Anglin, D.L. (1992). Automotive Brakes, Suspension and Steering, Macmillan/McGrawHill, New York, 112-133.

Emekli, M.E. (2008). Hafif ticari bir araç için yarı aktif süspansiyon sistemi tasarımı, İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye, 1-133.

Eskandari, A., Mirzadeh, O. (2006). “Optimization of a McPherson suspension system using the design of experiments method”, SAE Technical Paper Series, Michigan, 1-8.

Isermann, R. (2005). “Mechatronic systems fundamentals”, Springer, New York.

Rajamani, R. (2006). “Vehicle dynamics and control”, Springer, New York.

Smith, J.H. (2002), “An introduction to modern vehicle design”, SAE International.

Manisa ve Spil Dağının Farklı Yükseltilerindeki Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması

Tuğba Kardaş

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü

Giriş

Dünyanın bütün bölümleri çeşitli organik ve inorganik kirleticiler tarafından insan kaynaklı aktiviteler ve normal biyokimyasal döngü sebebiyle kirlenildi. 1900 den sonra dünyadaki ağır metal kirliliği keskin bir şekilde arttı. Dünya önemli çevre ve insan sağlık problemlerine sahip oldu (Prasad and Freitas 2003). Bu ağır metal kirliliğini değerlendirmek azaltmak ve zehirli metallerin olumsuz etkilerinden sakınmak için hem yerleşim yeri hemde yerleşim yeri dışında atmosferik kaliteyi gözlemlemek için biyo indikatörlerin kullanımına vurgu yapılmıştır (Szczepaniak and Biziuk, 2003; Ng et al., 2005). Biyomonitörleme atmosferdeki kirliliğin nicelik ve nitelikleri hakkında değerli bilgiler sağlar.

Bu alanda pek çok çalışma yerleşim merkezi ve yerleşim merkezi olmayan alanlarda yapılmıştır (Gülyüz et al. 2002, Başlar et al. 2003, 2005, Samura et al. 2003, Yılmaz and Zengin 2004, Yılmaz et al. 2006, Doğan et al. 2007, Cayir et al. 2008, Öztürk et al. 2008, Hüseyinova at al. 2009).

Bazı çalışmalarda dağlık alan örnekleri temiz olduğu düşünülen kontrol grubu olarak kullanıldı (Başlar et al. 2003, 2005, Yılmaz and Zengin 2004, Doğan et al. 2007). Bu çalışma referans olarak alınabileceği düşünülen ağır metal içermeyen ve bu sebepten referans olarak alınabilen dağlardaki ağır metal seviyelerinin tespiti açısından büyük önem taşımaktadır, ayrıca Manisa merkez ve Spil dağı kirliliğini kıyaslama açısından önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın amacı toprak ve bitki örneklerinde Pb, Cd, Cu, Ni, Zn, Fe and Mn (*Pinus brutia*, *Pinus nigra*, *Platanus orientalis*, *Robinia pseudoacacia*) 50-100-450-850 and 1250 m) Manisa merkez ve Spil dağındaki ağır metal kirliliğini tespit etmek için incelendi. Topraktaki değerler zemin örneklerinden daha düşüktü. Bu sonuçlar bize metallerin şehir merkezi yakınlarındaki bitkilerde depolanmasıyla ciddi ağır metal problemi olduğunu gösterdi

Materyal ve Metot

Yer seçimi: Bitki ve toprak örnekleri şehir merkezi iki farklı yükseltiden ve Spil dağının şehre bakan yakasında 3 farklı yükseltiden toplandı örnekler için şehir merkezinin çok kalabalık olmayan yerleşim alanları tercih edildi. Cadde alanları için otoyola 50 km lik mesafeden örnekleme yapıldı. Yerleşim merkezi olmayan siteler için gecekondü gelişimindeki şehrin kenarından seçildi. Kirlenmemiş kontrol için örnekler spil dağından manisa şehrinin 24 km kuzeyinden toplandı.

Örnekleme alanı

Çalışılan Spil dağı Manisa şehri içinde konumlanmıştır. Dağın zirvesi 1517 m dir Manisa şehri mermer, elektronik ve diğer pek çok endüstri alanında hızla gelişen bir şehirdir. Manisa ülkenin önemli karayolu ve demiryollarına sahiptir. Hızlı yerleşim, caddelerdeki araç sayısındaki artış sanayileşme bu bölgedeki kirlilik artışına sebep olmaktadır. Şu anda Manisa Türkiye'nin batı anadolu bölgesinde büyük sanayileşme popülasyonuna ve tarımsal aktiviteler sahiptir. Örneklerme noktaları bölgesi yatay mesafeden daha çok yüksekliğe bağlı olduğunu işaret eder destekler. (Zechmeister 1995). Örnekler şehir merkezinden trafik yoğunluğunun kirlilik yükünün olmadığı 35 40 km uzaklığından ve spil dağında belirli yükseltilerden seçildi.

Örnek toplama ve hazırlama

Bitkiler 50-100-450-850 and 1250 m yükseklikten 2021 aralık, 2021 kasım ve 2021 ekim ayı süresince toplandı. Kirlenmeyi önlemek için her alanda topraktan paslanmaz çelik mala ile üstten 20 cm'lik numune alındı. Toprak örnekleri havada kurutuldu ve daha sonra 1,5 mm'lik elekten geçirildi. Yaklaşık 200 g (taze ağırlık) *Pinus brutia*, *Pinus nigra*, *Platanus orientalis*, *Robinia pseudoacacia*'nın iyi gelişmiş yaprakları seçilerek ve toplandı. Bitki numuneleri daha sonra iki alt numuneye bölündü. Numuneler, silika jel kurutucunun altındaki temiz, kendinden yalıtımlı plastik torbalarda saklandı. Numuneler 105°C'deki fırında 24 saat kurutuldu, mikro çekiçli kesicide öğütüldü ve 0,2 mm'lik elekten geçirildi. Mikro çekiçli kesiciden kaynaklanan kirlenme, her öğütme sonrasında önce mutlak alkol, ardından da damıtılmış su ile yıkandığı için öğütme sırasında ihmal edilebilir düzeydeydi.

Islak öğütme prosedürü

Bitki öğütmek için kullanılan yöntem Perkin Elmer Corporation (anonim 1996) tarafından anlatılmıştır. Öğütülen numuneler bir hava asetilen alevine aspire edilmiş ve metaller alevli atomik absorpsiyon spektrometresi (FAAS) ile belirlenmiştir. Yaprak örneklerinin ayrıştırılmasında kullanılan yöntem üçlü analiz yapılarak kontrol edildi. Tüm numuneler öğütmeden hemen sonra analiz edildi.

Reaktifler

Kullanılan tüm kimyasallar analitik reaktif saflığındaydı. Deneyler boyunca üçlü damıtılmış su kullanıldı. Çalışma metali standart çözeltileri, stok standart çözeltinin suyla seyreltilmesiyle kullanımdan önce ayarlanarak hazırlandı.

Enstrümantasyon

Ağır metal tayini için Perkin Elmer Analyst 700 model alevli atomik absorpsiyon spektrometresi (FAAS) döteryum arka plan düzeltmesi içi boş katod lambalı (HCl) ve asetilen yakıtlı cihaz ile gerçekleştirildi. Metallerin absorpsiyon ölçümleri, önerilen koşullar altında gerçekleştirildi.

Analitik teknikler

Toprak numunelerindeki ağır metal konsantrasyonlarının analizi için Berrow ve Ure ile Paveley ve Davies'ten uyarlanan yöntemle, örnekler kral suyunda çözüldü. Kurutulmuş ve elenmiş toprak malzemelerinden birer gram numune, kül fırınında 460 °C'de 24 saat süreyle kül edilmiştir. Tartılan kül, ısıtma bloğu üzerindeki bir öğütme tüpünde 10 ml Aqua Regia (1 kısım konsantre HNO₃ ila 3 kısım HCl) içinde, aşağıdaki sıcaklık sırası ve 25 °C, 60 °C ve 105 °C'de iki saat ve son olarak 125 °C'de üç saat süresinde toplam 9 saat boyunca öğütüldü; Öğütülen tüm numuneler santrifüjlendi, daha sonra %1 HNO₃ ile belli hacime tamamlandı. Bitki öğütmesi için kullanılan yöntem daha önce Al-Shayeb ve ark. tarafından açıklananla aynıdır. Bir gram kurutulmuş ve öğütülmüş bitki materyali numunesi, 460°C'deki kül fırınında 24 saat boyunca küllendi. Tartılan kül, konsantre HNO₃ içinde öğütüldü ve bir sıcak plaka üzerinde neredeyse

kuruyana kadar buharlaştırıldı. Öğütülen numuneler santrifüjlendi, ardından %1 HNO₃ ile belli hacime tamamlandı. Ağır metallerin, Pb, Cd, Zn ve Cu konsantrasyonları, bir atomik absorpsiyon spektrofotometresi (Perkin Elmer model 1100) ile toprak ve bitki numunelerinde ölçüldü. Kullanılan yöntemin doğruluğundan emin olmak ve herhangi bir hafif kontaminasyona karşı kalibre etmek için, her partide referans malzemesi kullanıldı (SRM 1547 şeftali yaprakları). Analizlerin karşılaştırılması için ortalamaların standart hata değerleri hesaplandı. Yaprakların yıkanmasının önemini belirlemek için, her bir alan türü için yıkanmış ve yıkanmamış bitkilerin ağır metal içeriklerini karşılaştıran eşleştirilmiş bir t-testi yapıldı.

Bulgular ve Tartışma

Pekçok araştırmacı bazı ağır metallerin depolama kaynaklarını açıklamışlar örneğin Pb ve Zn genellikle insani aktivitelerden kaynaklanır. Başlıca insani kaynaklardan Ni petrol, kömür yakılmasından kaynaklanır. (Alfani ve ark 2000, Blok 2005, Oliva ve Rautio 2005). Ni Cu ve Pb çimento çelik maden endüstrilerinden kaynaklanır. (Nriagu ve Pacyna 1988). Loppi ve arkadaşları. (1999) Bitkilerin akdeniz iklim kuşağındaki demir ve mangan tarafından oluşan toprak kirliliğinden fazlaca etkilendiğini raporladılar. Mn hava kaynaklı olmasına rağmen mangan başlıca topraktan kaynaklanır (Bargagli et al. 2003), demir hem insan kaynaklı hemde doğal kaynaklı olarak oluşur (Oliva and Rautio 2005).

Bitkilerde Fe, Zn, Mn ve Ni elementlerinin bitki büyümesi için gerekli mikro besinler için kabul edilen oran önemlidir (Reid 2001, Stoponenicne ve ark. 2003). Buna karşılık toprak altında meydana gelen azalmalar sıklıkla gözlemlendi ve besin döngüsünün bir sonucu olarak açıklandı (Luster ve ark. 2006). Mn toprakta çoğunlukla Mn²⁺ bileşikleri ve oksit-Mn formunda bulunur (Sanders 1983). Guevera ve ark. (1995), toprakta bol miktarda bulunan elementler ile bitkilerde bulunan elementler arasında güçlü bir korelasyon olduğunu ve bitkilerdeki bu elementlerin topraktan kaynaklanabileceğini bildirmiştir.

4 bitki türü ve toprak örneklerinin analizi için Manisa şehir merkezi 2 farklı yükselti ve Spil Dağının Manisaya bakan tarafı 3 farklı yükseltiden (50-100-450- 850 ve 1250 m) örnekler toplandı. Spil Dağı Pb, Cd, Cu, Ni, Zn, Fe and Mn önemli konsantrasyonları gösterdi. 1000 m yükseltide sırasıyla 0.273 den 0.488 e, 0.099 dan 0.488 e, 0.306 dan 0.682 e, 1.017 den 3.744 e 0.148 den 0.674 e, ($\mu\text{g g}^{-1}$, kuru ağırlık) olarak tespit edildi (Tablo 1). Diğer taraftan, at 1600 m yükseltide değerler sırasıyla Pb, Ni, Zn, Fe ve Mn 0.225 den 0.534 e, 0.150den 0.842 ye, 0.234 den 0.905 e, 1.082 den 3.864 e ve 0.023 den 0.982 olarak ölçülmüştür ($\mu\text{g g}^{-1}$, kuru ağırlık) (Tablo 2). Osteras et al. (2000) göre Cd orman toprağında atmosfer birikimi yoluyla maden aktiviteleri fosil yakıt yakılmasından kaynaklanır

Ortalama 50 m yükseklikte aşağıdaki ortalama konsantrasyonlar belirlenmiştir: Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn içerikleri ($\mu\text{g g}^{-1}$, kuru ağırlık) 0,025 ila 1,609, 0,232 ila 0,731, 0,578 ila 0,578 ila 0,025 ila 1,609 arasında değişmektedir. Sırasıyla 5,983, 0,287 ila 0,565 ve 0,176 ila 2,659 (Tablo 1). Öte yandan ortalama 100 m yükseklikte Ni, Zn, Fe, Pb ve Mn ($\mu\text{g g}^{-1}$, kuru ağırlık) içerikleri sırasıyla 0,023 ile 0,939, 0,258 ile 1,254, 0,839 ile 5,176, 0,301 ile 1,341 arasında değişmektedir. 0405 ila 3,351 (Tablo 2). Spil Dağı'nın 1000 m'sinden toplanan bitkilerde incelenen eser elementlerin birikimi tablolar halinde sunulmuştur

Bowen (1979) tarafından raporlanana göre normal doğal konsantrasyon aralığı kara bitkilerinde Cd: 0.2-2.4 $\mu\text{g g}^{-1}$, Ni: 1-5 $\mu\text{g g}^{-1}$, Zn: 20-400 $\mu\text{g g}^{-1}$, Fe: 70-700 $\mu\text{g g}^{-1}$, Pb: 1-13 $\mu\text{g g}^{-1}$, Mn: 20-700 $\mu\text{g g}^{-1}$ bulunanlar bizim sonuçlarımızla kıyaslandığında bizim sonuçlarımızın kabul edilebilir orandan yüksek olduğu açık bir şekilde görülmektedir (Table 1, 2, 3 and 4) bu yüzden

bu alan araştırılan ağır metal kirliliği yönünden temiz değildir. Depolama seviyesi bitki örneklerinde toprak kaynaklıdır. Başlar ve arkadaşları aynı bölgede bir diğer önemli dağ olan Honaz dağında da benzer sonuçlar saptanmıştır 1000 m önemli konsantrasyonlar sırasıyla 0.273den 0.488 e, 0.099 den 0.488e, 0.306 dan 0.682 ye, 1.017 dan 3.744 e, ve 0.148 den 0.674 e ($\mu\text{g g}^{-1}$, kuru ağırlık), Pb, Ni, Zn, Fe ve Mn, olarak ölçülmüştür. 1600 m de değerler 0.225 den 0.534 e, 0.150 den 0.842 e 0.234 den 0.905 e 1.082 den 3.864 e 0.023 den 0.982 e ($\mu\text{g g}^{-1}$, dry weight) Pb, Ni, Zn, Fe, Pb ve Mn olarak ilişilendirilmiştir.

Sonuç

Bu çalışmada biyomonitör olarak kullanılan 4 farklı bitki türü ve toprakta Manisa şehir merkezi ve Spil dağı 5 farklı yükseltide, (50-100-450-850 and 1250 m) ağır metal seviyesini araştırmak için Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$, kuru ağırlık) değerleri ölçüldü. Atomik absorpsiyon spektrometri metallerin konsantrasyonunu tayin etmek için kullanıldı. Sonuç olarak yüksek element değerlerinin toprak kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmanın aynı yada benzer lokasyondaki kirliliklerde gelecek çalışmalara katkı sağlayacağına düşünüldü. Yüksek element değerlerinin toprak kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Manisa şehir merkezi yerleşim bölgesi Ağır metal konsantrasyonu Manisada yerleşim merkezi olmayan yerlerden yüksektir. Yağmurla yıkanmış yaprak örnekleri ve toprak yüzeylerindeki ağır metal konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki elde edildi.

Endüstriyel alanlardaki Pb, Cd, Cu, Zn, Mn, Ni ve Fe konsantrasyonları cadde kenarı yerleşim yeri veya yerleşim yeri dışından biraz daha fazladır, kırsal toprak örneklerinden önemli bir şekilde yüksektir. En yüksek kirlilik seviyesi şehir merkezinden toplanan örnekte bulunmuştur. Bazı bitkiler bacalarda filtre sistemi olmamasından önemli derecede Pb, Cd, Cu, Zn, Mn, Ni ve Fe metal kirliliği seviyeleri oluşur, bacalardaki filtre sistemi bitkilerdeki bu ağır metal kirliliğini önemli ölçüde düşürebilir Ağır metal seviyeleri fabrikadan mesafe artışıyla azalabilir. Cadde kenarındaki yerleşim merkezi topraklarındaki ve bitki örnekleri yüksek ağır metal içerikleri ve 84 tane ağır metal kirliliğinin önemli kaynağından biri olarak düşünülen trafik yoğunluğundan kaynaklanabilir. Çünkü kurşunsuz benzin pahalıdır. Sürücüler bu sebepten kurşunsuz benzini tercih etmezler Türkiye’deki bu sonuçlar cadde boyunca yüksek Pb kirliliğine sebep olur. Buda Manisa şehrindeki ağır metal kirliliğinin önemli kaynaklarından ikincisidir (Al-Shayeb, et al. 1995). Tüm bölgelerde *pirus brutia*, *pirus nigra*, *platanus orientalis*, *robinia pseudoacacia* da yağmurla yıkanma yaprak örnekleri ağır metal konsantrasyonlarını azalttı.

Yağmurla yıkanan yapraklardaki metal miktarının kıyaslanmasında yıkamayla yapraklardan metallerin uzaklaştırıldığı tüm tablolarada görünür. Örneğin Pb yıkama prosedürü ile uzaklaştırıldı, örnekleme sitelerindeki kirlilik seviyesine bağlı olarak

Manisanın aylık toplam yağışlarından alınan meteorolojik verilere göre ekim ayı düşük yağış oranına sahiptir. Fakat kasım ve aralık ayları yüksek yağış oranına sahiptir. Bu yüzden ekim 2021 konsantrasyonu yüksektir fakat yıkamayla kasım ve aralık 2021 de örneklerdeki ağır metal konsantrasyonu önemli bir şekilde azalmıştır. Havadan ve topraktan kaynaklanan kontaminasyonu ayırt etme yeteneği, yaprakların yıkanmasıyla değerlendirildi. Tablolarda verilen sonuçlar, yıkama işlemiyle uzaklaştırılan tüm elementler için yapraklar üzerinde önemli miktarda hava birikiminin olduğunu göstermektedir.

“Mühendislik, Fen ve Sağlık Bilimleri’nde AR-GE ve İnovasyon Çalışmaları”

Tablo 1. Manisa'nın farklı bölgelerinden toplanan *Robinia pseudoacacia*'nın yapraklarındaki ortalama Pb, Cd, Cu, Zn, Mn, Ni ve Fe konsantrasyonları ($\mu\text{g-g}^{-1}$ kuru ağırlık) **1.**ekim 2021 **2.**kasım 2021 **3.**aralık 2021

	50m			100m			450m			850m			1250m		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Cd	10.2357	6.2237	4.6578	17.4171	8.1745	5.1128	11.7544	5.1169	4.0581	8.767	3.124	3.9017	7.2355	2.9879	1,100
Cu	300.2149	98.0029	63.904	320.8710	99.9783	69.1238	240.31	94.2011	60.1128	233.63	87.8	712857	200.1255	82.1289	2,371
Fe	310.2578	197.8108	174.027	324.400	211.1513	175.6987	288.322	191.0478	169.1187	287.59	183.13	157.1158	267.5487	170.1236	1,1
Mn	240.21	105.4126	75.59	242.055	120.1297	78.9018	240.115	99.8708	70.1897	228.3	93.406	67.3208	191.2476	90.12	1,89
Ni	27.0015	8.1644	5.6642	27.6340	9.9971	5.9807	25.6478	7.9850	5.0187	7.8650	6.5815	4.9311	15.5434	5.9800	1,54
Pb	80.9973	41.0199	48.1500	82.8940	42.0017	48.1298	78.5477	41.0013	44.1077	73.810	35.8410	39.1470	62.5147	33.1203	2,65
Zn	65.2688	31.1287	21.9317	70.0444	31.9870	21.3211	61.2238	28.9708	20.2587	42.7310	28.6450	17.1254	37.1288	32.1501	3,45

“Mühendislik, Fen ve Sağlık Bilimleri’nde AR-GE ve İnovasyon Çalışmaları”

Tablo 2. Manisa'nın farklı bölgelerinden toplanan pinus brutia and pinus nigra yapraklarındaki ortalama Pb, Cd, Cu, Zn, Mn, Ni ve Fe konsantrasyonları (µgg-1 kuru ağırlık)1.ekim 2.2021.kasım 2021 3.aralık 2021

	50m			100m			450m			850m			1250m	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2 3
Cd	10.27 88	9.587 4	5.002 1	12.65 44	11.21 47	5.219 0	10.35 88	8.5741	4.908 7	9.987 4	7.125 4	4.401 2	10.3 18	6.723 7 7,34
Cu	140.8 71	97.84 75	40.19 71	160.2 588	99.98 71	42.01 87	125.5447	93. 12 57	38.90 11	129.3 544	90.21 47	38.97 01	133. 84	43.59 00 6,87
Fe	311.6 1	211.3 258	127.0 807	309.2 366	210.1 257	126.1 311	300.3 211	191.25 78	122.9 807	227.6 855	174.1 233	125.4 709	224. 62	166.7 600 12,34
Mn	145.5 522	92.36 97	58.23 41	150.6 988	101.2 378	58.91 47	141.2 155	85.741 3	52.36 87	138.2 577	1.259 6	50.65 11	136. 63	61.30 70 14,45
Ni	10.25 44	4.998 7	2.208 1	13.89 77	7.857 4	2.197 0	9.288 7	5.1233	1.230 9	8.077 1	4.521 3	1.980 1	4.17 36	2.425 7 12,54
Pb	60.11 22	32.65 74	43.29 71	60.89 44	33.54 13	43.12 58	57.57 98	37.239 9	40.00 91	55.86 77	28.21 47	40.12 87	55.8 61	27.44 00 23,62
Zn	47.22 31	32.21 45	20.21 09	51.25 85	37.87 50	21.30 78	43.21 77	30.215 8	19.13 87	41.12 33	22.55 64	17.85 07	33.4 2	18.44 30 23,23

“Mühendislik, Fen ve Sağlık Bilimleri’nde AR-GE ve İnovasyon Çalışmaları”

Tablo 3. Manisa'nın farklı bölgelerinden toplanan platanus orientalis yapraklarındaki ortalama Pb, Cd, Cu, Zn, Mn, Ni ve Fe konsantrasyonları (µgg-1 kuru ağırlık)1.ekim 2021 2.kasım 2021 3.aralık 2021

	50m			100m			450m			850m			1250 m	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Cd	7.777 1	5.672 0	3.012 3	8.235 7	6.678 4	3.758 1	6.128 7	4.128 7	2.987 1	4.998 7	3.112 5	2.241 2	4.122 7	1.987 4
Cu	157.6 00	134.8 830	84.51 22	167.3 670	131.1 230	85.10 09	150.0 001	109.8 954	79.12 05	130.2 378	108.7 145	78.51 00	123.1 287	77.85 77
Fe	297.2 300	235.3 600	170.4 102	312.3 577	239.2 877	175.1 209	290.1 513	221.1 327	166.9 801	281.2 527	220.2 374	165.6 900	240.8 754	187.1 257
Mn	171.0 202	135.5 560	75.12 08	178.4 578	137.2 870	77.39 07	169.8 758	119.5 478	70.12 08	170.0 003	90.45 78	67.80 10	164.2 588	78.12 57
Ni	15.51 70	10.20 72	5.981 9	15.54 79	15.68 79	5.870 4	15.50 12	9.532 1	5.110 8	13.99 33	7.126 8	4.116 8	11.00 02	5.124 7
Pb	63.97 60	41.28 60	49.12 80	70.12 47	47.85 71	50.01 47	60.15 45	34.13 11	45.12 09	58.74 89	29.45 71	42.09 60	53.12 54	22.14 79
Zn	59.39 80	41.28 70	15.14 79	60.31 11	40.25 79	16.12 08	57.82 54	29.21 04	11.98 07	55.41 13	20.37 01	11.31 80	44.11 28	15.74 00

Tablo 4. Manisa'nın farklı bölgelerinden toplanan topraklardaki ortalama Pb, Cd, Cu, Zn, Mn, Ni ve Fe konsantrasyonları (µgg-1 kuru ağırlık)1.ekim 2021 .kasım 2021 3.aralık 2021

	50m			100m			450m			850m			1250m	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2 3
Cd	0.0130	0.1312	0.0310	0.0278	0.0182	0.3110	0.0125	0.0113	0.0309	0.012	0.0110	0.2001	0.008	0.0087 0,12
Cu	3.8624	4.3740	3.9511	3.7881	5.1417	4.0101	2.8544	1.5322	3.3888	0.4096	1.0147	2.1355	0.3211	0.9788 0,45
Fe	4.1893	3.5603	5.9871	4.8244	4.4220	5.9113	4.1233	2.7411	2.1890	4.1725	2.7574	4.4128	2.0297	1.9877 0,32
Mn	1.4873	1.574	1.5214	3.5435	1.4090	3.0697	1.1187	2.3603	1.8585	1.3542	1.1233	3.9840	0.3328	1.0008 1,34

“Mühendislik, Fen ve Sağlık Bilimleri’nde AR-GE ve İnovasyon Çalışmaları”

Ni	0.0904	0.0744	0.0940	0.247	0.1569	0.3210	0.0687	0.1794	0.1718	0.0314	0.1047	0.1998	0.1298	0.1008 2,34
Pb	1.0165	1.1991	2.2301	0.8675	0.8866	0.9311	1.0001	0.8903	1.6971	0.9803	0.7783	0.9134	0.1755	0.7127 3,45
Zn	1.0141	1.1688	0.9321	0.8615	0.9295	1.0129	0.9788	0.3228	0.8529	0.7688	0.2379	0.8741	0.4551	0.4997 4,45

Kaynakça

- Aksoy A, Sahin U, Duman F. (2000). *Robinia pseudo-acacia* L. as a possible biomonitor of heavy metalpollution in Kayseri. Turkish Journal of Botany 24, 279-284.
- Alfani A, Baldantoni D, Maisto G, Bartoli A, Virzo De Santo A (2000). Temporal and spatial variationin C, N, S and element contents in the leaves of *Quercus ilex* with in the urban area of Naples. Environmental Pollution 109, 1, 119-129.
- Al-Shayeb, S.M., Al-Rajhi, M. A., Seaward, M.R.D. (1995). The date palm (*Phoenix dactylifera* L.) as a biomonitor of lead and other elements in arid environments. Sci. Total Environ., 168, 1-10
- Anonymous (1996). Analysis of plant tissue: Wet digestion. In: Analytical methods for atomic absorption spectroscopy. Perkin Elmer, Inc., USA, 141-143.
- Bargagli R, Monaci F, Agaorelli C. (2003). Oak leaves as accumulators of airborne elements in an areawith geochemical and geothermal anomalies. Environmental Pollution 124, 2, 321-329.
- Başlar S, Doğan Y, Bag H, Elci A. (2003). Trace element biomonitoring by needles of *Pinus brutia* fromWestern Anatolia. Fresenius Environmental Bulletin 12, 5, 450-453.
- Başlar S, Doğan Y, Yenil N, Karagoz S, Bag H. (2005). Trace element biomonitoring by leaves of *Populusnigra* L. from Western Anatolia, Turkey. Journal of Environmental Biology 26, 4, 665-668.
- Berrow, M.L., Ure, A.M. (1981). The determination of metals and metalloids in soil. Environ. Tech. Letters 2, 485-502
- Blok J (2005) Environmental exposure of road borders to zinc. The Science of The Total Environment 348, 1-3, 173-190.
- Bowen HJM. (1979). Environmental chemistry of the elements. Academic Press, London, New York.
- Cayir A, Coskun M, Coskun M. (2008). Concentrations of Some Elements in the Bioindicator Organism *Cladonia rangiformis* Collected at the Vicinity of Canakkale. Ekoloji 18, 69, 7-13.
- Doğan Y, Durkan N, Baslar S. (2007). Trace element pollution biomonitoring using the bark of *Pinus brutia* in the Western Anatolian part of Turkey. Trace Elements and Electrolytes 24, 5, 146-150.
- El-Hasan, T., Al-Omari, H., Jiries, A., and Al-Nasir F. (2002). Cypress tree (*Cupressus sempervirens* L.) bark as an indicator for heavy metal pollution in the atmosphere of Amman City, Jordan. Environ. Int. 28, 513-519.

- Guevera SR, Arribere MA, Calevela S, Roman RG. (1995). Elemental composition of lichens at Nahuel Huapi National Park, Patagonia, Argentina. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 198, 2, 437-448.
- Guleryuz G, Arslan H, Kýmýzý S, Gucer S. (2002). Investigation of influence of tungsten mine wastes on the elemental composition of some alpine and subalpine plants on Mount Uludag, Bursa, Turkey. *Environmental Pollution* 120, 707-716.
- Huseyinova R, Kutbay HG, Bilgin A, Kilic D, Horuz A, Kirmanoglu C. (2009). Sulphur and Some Heavy Metal Contents in Foliage of *Corylus avellana* and Some Roadside Native Plants in Ordu Province, Turkey. *Ekoloji* 18, 70, 10-16.
- Loppi S, Giomerelli B, Bargagli R (1999) Lichens and mosses as biomonitors of trace elements in a geothermal area (Mt. Amiata, central Italy). *Cryptogamie Mycologie* 20, 2, 119-126.
- Luster J, Zimmermann S, Frey B, Brunner I, Luscher P, Walthert L, Blaser P (2006) Schwermetalle in Schweizer Waldböden. *Wald und Holz* 4, 6, 35-36.
- Nriagu JO, Pacyna J. (1988). Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature* 333, 134-139.
- Oliva SR, Rautio P. (2005). Spatiotemporal patterns in foliar element concentrations in *Ficus microcarpa* L. f. growing in an urban area: implications for biomonitoring studies. *Ecological Indicators* 5, 2, 97-107.
- Osteras AH, Ekvall L, Greger M. (2000). Sensitivity to, and accumulation of, cadmium in *Betula pendula*, *Picea abies*, and *Pinus sylvestris* seedlings from different regions in Sweden. *Canadian Journal of Botany* 78, 11, 1440-1449.
- Öztürk M, Yücel E, Gücel S, Sakcali S, Aksoy A. (2008). Plants as Biomonitors of Trace Elements Pollution in Soil. In: Prasad MNV (ed), *Trace Elements as Contaminants and Nutrients: Consequences in Ecosystems and Human Health*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, N.J., 721-742.
- Paveley, C.F., Davies, B.E. (1988). Comparison of results obtained by x-ray fluorescence of the total soil and atomic absorption spectrometry assay of an acid digest in the routine determination of lead and zinc in soil. *Commun. Soil Sci. and Plant Anal.*, 19, 107-116
- Prasad MNV, Freitas HMO. (2003). Metal hyperaccumulation in plants-biodiversity prospecting for phytoremediation technology. *Electronic Journal of Biotechnology* 6, 3, 285-321.
- Reid RJ. (2001) Mechanisms of micronutrient uptake in plants. *Australian Journal of Plant Physiology* 28, 7, 661-668.
- Samura A, Al-Aghai O, Tuncel SG. (2003). Study of Trace and Heavy Metals in Rural and Urban Aerosols of Uludag and Bursa (Turkey). *Water, Air and Soil Pollution: Focus* 3, 5-6, 111-129.
- Sanders JR (1983) The effect of pH on the total and free ionic concentration of manganese, zinc, and cobalt in soil solution. *Journal of Soil Science* 34, 315-323.
- Stoponenicne L, Tautkus S, Kazlauskas R. (2003). Determination of zinc in plants and grains by atomic absorption spectrometry. *Chemija* 14, 2, 99-102.

Witting R., Market B. (1993). General aspects of Biomonitoring heavy metals by plants, plants as biomonitors/indicator for heavy metals in the terrestrial environment. VCH Publisher, Weinheim, pp. 3-28.

Yılmaz R, Sakcali S, Yarci, C, Aksoy A, Öztürk M. (2006). Use of *Aesculus hippocastanum* L. as abiomonitor of heavy metal pollution. Pakistan Journal of Botany 38, 5, 1519-1527.

Yılmaz S, Zengin M. (2004). Monitoring environmental pollution in Erzurum by chemical analysis of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) needles. Environment International 29, 1041- 1047.

Zechmeister HG. (1995). Correlation between altitude and heavy metal deposition in the Alps. Environmental Pollution 89, 1, 73-80.

Hesaplamalı Malzeme Mühendisliği Yaklaşımları ile Alüminyum Alaşımlarında Reo-Döküm Parametrelerinin İncelenmesi

Tuğçe Yağcı^{1,*}, Hüseyin Erdem Yalkın², Kadir Güver¹, Elif Nur Çetinkoç¹

¹Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Manisa, Türkiye

²Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Manisa, Türkiye

* tugce.yagci@cbu.edu.tr

Giriş

Mühendislik uygulamalarında en çok kullanılan ikinci metalik malzeme olan alüminyum alaşımları, kolay işlenebilirliği, yüksek yüzey kalitesi, düşük özgül ağırlığı, yüksek korozyon direnci, dökülebilirlik kabiliyeti gibi öne çıkan özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir (Lumley, 2010). Sektör bakımından çok geniş bir kullanım yelpazesine sahip alüminyum alaşımları; konstrüksiyonunun hızlı oluşu ve iyi görünümüyle inşaat sektöründe, düşük ağırlık ve üstün mekanik özellikleri ile otomotiv ve havacılık sektöründe, bakıra kıyasla daha hafif olmasıyla ve iyi elektriksel iletkenliği ile elektrik sektöründe, manyetik geçirgenliğinin düşük olmasından dolayı askeri uygulamalarda, korozyona karşı dirençli olmasından dolayı demiryolu ulaşımında sıkça kullanılmaktadır (Totten ve MacKenzie, 2003). Ayrıca alüminyum alaşımları, geri dönüştürülebilirlik özelliklerinin sağladığı enerji, maliyet ve hammadde tasarrufu gibi özellikleri ile de ön plana çıkmaktadır (Schlesinger, 2013).

Döküm endüstrisinde dökülebilirlik ve işlenebilirlik kabiliyetlerinin yüksek olmasından ötürü alüminyum-silisyum (Al-Si) alaşımları tercih edilmektedir. Si elementi alüminyum alaşımlarında akışkanlık kabiliyetini artırmakta ve bu sayede karmaşık geometriye sahip parçaların döküm yoluyla eldesini kolaylaştırmaktadır (Wang ve diğ., 2014). İçerdiği silisyum miktarına göre, ötektik altı (Si <ağ. %12,6), ötektik (Si = ağ. %12,6) ve ötektik üstü (Si > ağ. %12,6) olarak sınıflandırılan Al-Si alaşımları, ötektik modifikasyon, tane inceltme gibi işlemlere de uygun oldukları için, ürünün mekanik özelliklerinin geniş bir yelpazede eldesine olanak sağlamaktadır (Ammen, 1985). Alüminyum döküm alaşımlarının mikroyapısında α -Al ve ötektik-Si olmak üzere iki ana faz bulunmaktadır. Bu fazlardan α -Al, dendrit yapısını oluşturmakta, ötektik-Si ise α -Al dendritleri arasına yerleşmektedir. Tane inceltme işlemleri ile α -Al dendritlerinde ikincil dendrit kolları arası mesafe (SDAS: secondary dendrite arm spacing) azaltılmakta ve mekanik özellikler bu sayede iyileşmektedir (Zhao ve diğ., 2013). Modifikasyon işlemleriyle ise, ötektik-Si fazının morfolojisi iğnemsî yapıdan fibröz yapıya dönüştürülmekte ve bu yolla yine mekanik özelliklerin iyileşmesine katkı sunulmaktadır (Fracchia ve diğ., 2021).

Endüstride sıklıkla kullanılan döküm yöntemlerinin (kum kalıba döküm, basınçlı döküm, savurma döküm vb.) yanı sıra, yarı-katı döküm teknikleri ile alüminyum döküm alaşımlarının sergilemiş oldukları mekanik davranışları ve performans özellikleri iyileştirilmektedir. Yarı katı döküm, adından da anlaşıldığı gibi, sıvı ve katı fazın bir arada bulunduğu sıcaklıklarda yapılan döküm işlemidir. Üstün mekanik özellikler istenen havacılık, uzay, otomotiv ve savunma sanayi uygulamaları için kullanılabilen bu teknik, geleneksel üretim yöntemlerinin aksine içerisinde hem dökümü hem de şekillendirmeyi barındırmaktadır. Üstün mekanik özellikler, bu teknik ile üretilen ürünlerin tiksotropik mikroyapısından kaynaklanmaktadır. Tiksotropi, malzemenin düşük bir kuvvet uygulanması sonucunda viskozitesinin azalmasıyla akışkanlığının artması ve şekil değiştirebilme yeteneği kazanmasıdır. Bu kuvvet ortadan kaldırıldığında ise, viskozite yeniden artar, malzemenin akışkanlığı azalır ve malzeme eski haline geri döner (Collot, 2001). Alüminyum alaşımlarının yarı katı dökümünde, sıvı ve katı fazın bir arada bulunduğu sıcaklık aralığında, alaşım tiksotropiktir ve yöntemde bu özellikten faydalanılmaktadır. Geleneksel döküm yapısında görülen dendritlerin yarı-katı döküm yöntemiyle üretimlerde kırılmasıyla, dendritik olmayan ve küresel mikroyapı eldesi mümkündür. Bu sayede, dendritler arasında var olan başta mikrogözenekliliklerin ve birtakım döküm hatalarının (çekme boşluğu, segregasyon vb.) eliminasyonu ile mekanik özellikler üzerindeki olumsuz etkinin önüne geçilmektedir.

Yarı katı döküm tekniği, 1970’li yıllarda Massachusetts Institute of Technology (MIT)’de yapılan çalışmalar sonucu, geleneksel dökümde gözlemlenen mikroyapıdaki mikrosegregasyonun olumsuz etkilerinin giderilmesi amacıyla keşfedilmiştir. Yöntem, rheo-casting, thixo-casting, gir-casting, semi-solid forging, stir-casting gibi pek çok teknik kullanılarak uygulanabilmektedir. Üretim sektörü açısından bakıldığında, yarı-katı döküm tekniğinin sağladığı önemli avantajlardan biri de maliyetten kazancıdır. Daha düşük sıcaklıklarda döküm ve/veya şekillendirme işlemleri yapıldığı için kullanılan kalıpların ömürleri geleneksel dökümde kullanılanlardan daha uzundur ve bu maliyeti düşüren bir parametredir (Flemings, 1991). Öte yandan, yarı-katı döküm ile elde edilen ürün boyutsal kararlılık açısından nihai ürüne son derece yakındır.

Yarı-katı ‘reo’ ve ‘tikso’ döküm olmak üzere başlıca iki ana yöntemle yapılmaktadır. Tikso döküm yönteminde dendritik olmayan yapı elde etmek için malzeme ön işleme tabi tutulur. Katılaşmadan sonra malzeme yeniden yarı-katı döküm sıcaklığına ısıtılır ve pres yardımıyla kalıba enjekte edilir. Reo-dökümde ise tikso-dökümün aksine, malzeme katılaşmasına izin verilmeden, yalnızca yarı-katı döküm sıcaklığına kadar soğutulur (Biol, 2009). Soğutma esnasında dendritik olmayan, küresel bir mikroyapı elde etmek için mekanik veya elektromanyetik karıştırma ya da gerininin neden olduğu sıvı aktivasyonu (strain induced melt activated-SIMA) yöntemi uygulanır (Ragheb ve diğ., 2023). Yarı-katı döküm; tikso-şekillendirme, eğimli soğutma plakası ile döküm, inert gaz ile döküm, reo-döküm gibi pek çok farklı uygulama tekniği ile gerçekleştirilebilmektedir. Malzeme biliminin temelini oluşturan yapı-özellik-işlem-performans ilişkisine göre, alüminyum alaşımlarında değişen mikroyapısal özellikler, alaşımın mekanik davranışlarını ve performansını doğrudan etkilemektedir. Bu ilişkiden de yola çıkılarak, bahsi geçen tüm yöntemlerin ortak amacının, alüminyum alaşımlarının sergilediği dendritik döküm yapısının küresel döküm yapısına dönüştürülmesi ile tiksotropik yapının eldesi ve bu sayede mekanik özelliklerin iyileştirilmesi olduğu söylenebilir.

Son yıllarda gelişen ve alaşımların faz diyagramlarını baz alan hesaplamalı malzeme mühendisliği yaklaşımları ile malzemelerin üretimi, tasarımı ve analizleri eş zamanlı ve bütünlük bir sistemle yapılabilmektedir. Bu yaklaşımlara dayalı çalışan yazılımlar aracılığıyla alaşımların sıcaklığına ve kimyasal bileşimine bağlı olarak değişen termal ve elektriksel

iletkenlik, yoğunluk, entalpi, entropi, elastisite modülü, serbest enerji, viskozite gibi termodinamik ve termo-kinetik özellikleri modellenebilmektedir. Bu sayede en kısa sürede, en düşük maliyetle alaşım geliştirilme çalışmaları yürütülebilmekte ve alaşımlarda performans-yapı-özellik ilişkilerini niceliksel olarak tanımlanabilmektedir. Bu yaklaşımların alüminyum döküm alaşımlarının modellenmesinde de kullanımları mümkündür (Yağcı ve diğ., 2023).

Bu çalışmada, primer A356 alaşımının hesaplamalı malzeme mühendisliği yaklaşımları ile belirlenen parametreler ile 605, 600 ve 595 °C olmak üzere üç farklı sıcaklıkta metalik kalıba reo-dökümü gerçekleştirilmiş ve elde edilen mikroyapısal ve mekanik sonuçlar geleneksel döküm yöntemiyle üretilen numuneler ile karşılaştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışmada, alüminyum döküm endüstrisinde sıklıkla tercih edilen ve ötektik altı bileşime sahip olan primer A356 (AlSi7Mg0.3) alaşımı kullanılmıştır. Kullanılan alaşıma ait optik spektrometre ile elde edilen kimyasal kompozisyon bilgileri Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. Primer A356 alaşımının kimyasal kompozisyonu (%ağ.)

Si	Mg	Fe	Mn	Ti	B	Cr	Ni	Al
7,162	0,256	0,109	<0,002	0,116	<0,0003	0,0021	0,0033	kalan

Reo-döküm parametrelerinin belirlenmesi amacıyla hesaplamalı malzeme mühendisliği yaklaşımlarından faydalanılmıştır. Ticari olarak, malzeme modellemesinde kullanılan ThermoCalc yazılımı ile, denge dışı katılaşmanın koşullarında (Scheil-Gulliver metodu) alaşıma ait sıcaklığa bağlı sıvı-katı faz fraksiyon diyagramları oluşturulmuş ve A356 alaşımının yarı-katı döküm sıcaklık aralığı tespit edilmiştir. Bilgisayar destekli tasarım çalışmalarıyla elde edilen döküm sıcaklık verilerinin doğrulanması amacıyla, alaşımın termogravimetrik analizi (TGA) gerçekleştirilmiştir.

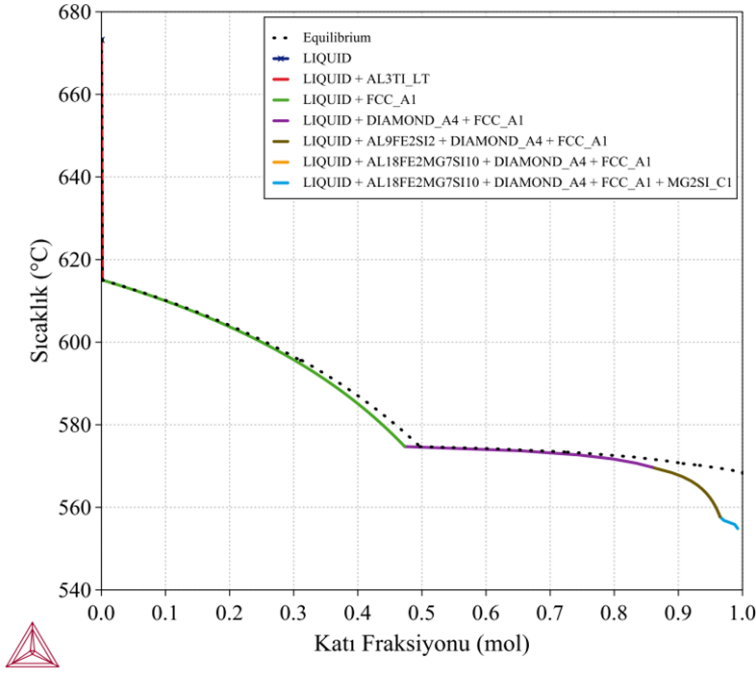
Sanal ve deneysel analizlerden elde edilen veriler ışığında, primer A356 alaşımının laboratuvar ölçekli olarak, sırasıyla 605, 600 ve 595 °C sıcaklıklarında reo-dökümü yapılmıştır. Başlangıçta 700 °C’ye ısıtılan metal, yarı-katı döküm sıcaklık aralığına mekanik karıştırma ile soğutulmuştur. Ergitme işlemleri 4 kg Al kapasiteli devirmeli tip elektrikli ocakta gerçekleştirilmiştir. Dökümlerde 250 °C’ye ön ısıtılmış metal kalıplar kullanılmıştır. Ayrıca, geleneksel döküm yöntemiyle karşılaştırma yapabilmek amacıyla, 700 °C’de yine ön ısıtılmış metalik kalıba alüminyum döküm işlemi gerçekleştirilmiştir. Döküm sonrası numuneler, 80 °C sıcaklıktaki su ortamında soğutulmuştur.

Reo-döküm işlemleri öncesi ve sonrasında numunelerin sertlik değerleri ölçülmüştür. Ölçümler, Emcotest markalı Brinell sertlik ölçüm cihazında 2,5 mm batıcı uç kullanılmasıyla 62,5 kg yük altında kaydedilmiştir.

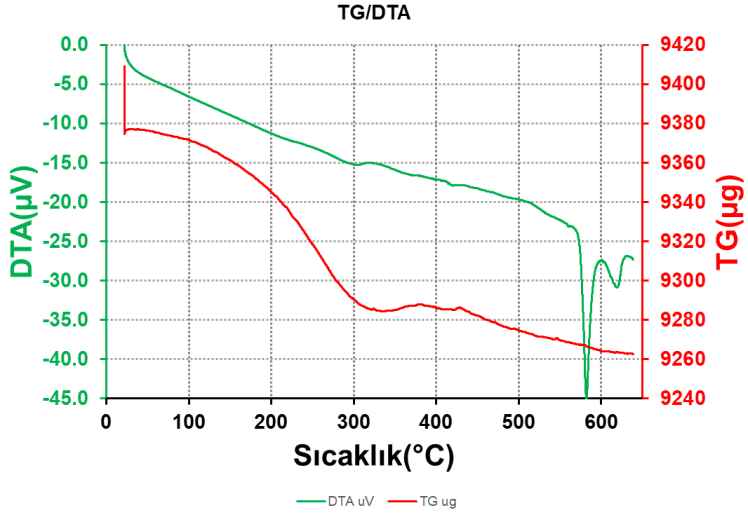
Mikroyapı analizleri için, numuneler metalografik numune hazırlama aşamalarından (kesme, zımparalama, parlatma ve dağlama) geçirilmiştir. Dağlama işlemlerinde Keller çözeltisi (1 ml HF, 1,5 ml HCl, 2,5 ml HNO₃ ve 95 ml saf su) kullanılmıştır. Analizlerde, Nikon LV100 markalı Clemex görüntü analiz yazılımıyla bütünlük çalışan optik mikroskop kullanılmıştır.

Sonuç

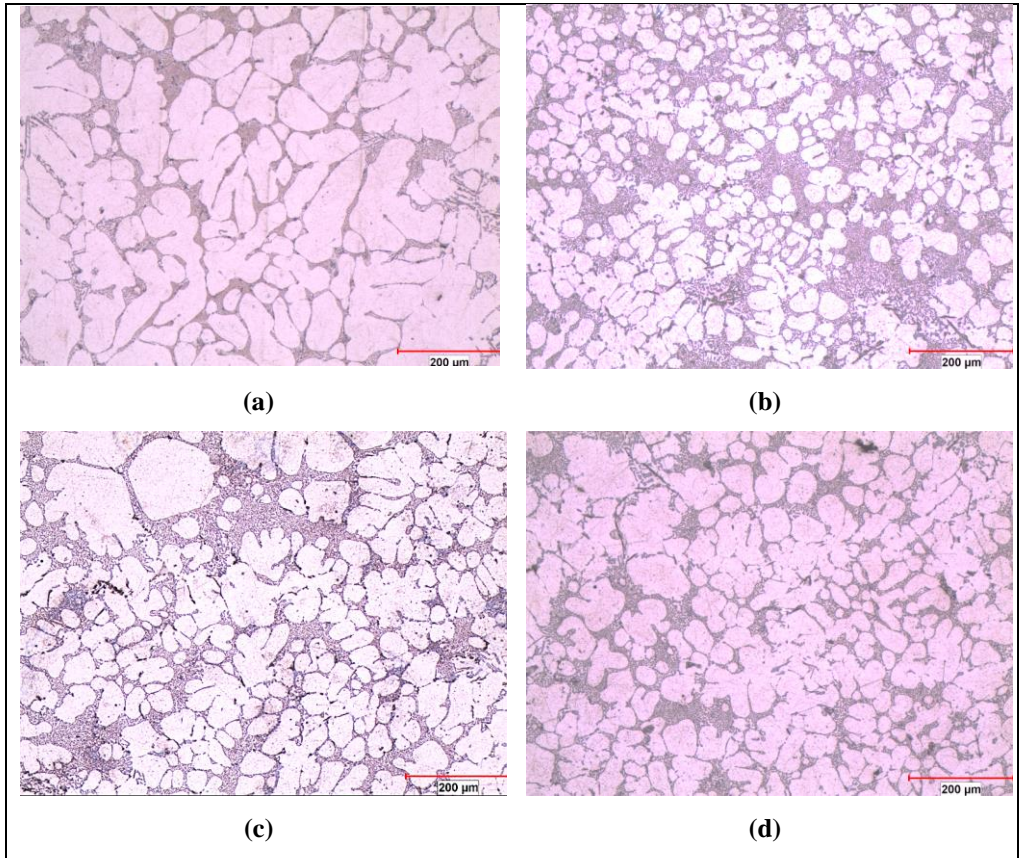
Hesaplamalı malzeme mühendisliği çalışmaları ile elde edilen sıcaklığa bağlı katı fraksiyonu diyagramı Şekil 1’de verilmektedir. Sıvı alaşımın sürekli soğuma şartları modellenerek elde edilen bu grafiğe göre, α -Al (FCC-A1) ve sıvı fazın (LIQUID) bir arada bulunduğu yeşil renkli eğri incelendiğinde, 605, 600 ve 595 °C sıcaklıklarında, alaşımın reo-döküme uygun olduğu görülmektedir. Şekil 2 ise, TG-DTA analizi ile elde edilen A356 alaşımının sıcaklığa bağlı termal davranışlarında meydana gelen değişimleri gösteren eğriyi temsil etmektedir. TG-DTA analizinde de alaşımın dönüşüm sıcaklık aralığı, endotermik pikin görüldüğü (katı+1sı=sıvı) 580 ila 610 °C arasında bulunmuştur.



Şekil 11. A356 alaşımında sıcaklığa bağlı olarak katı faz fraksiyonununun değişimi.



Şekil 12. A356 alaşımının sıcaklığa bağlı termal analiz davranışı.



Şekil 13. Optik mikroskop görüntüleri a) 700 °C normal döküm, b) 595 °C reo-döküm, c) 600 °C reo-döküm, d) 605 °C reo-döküm.

Şekil 3, numunelerin döküm işlemleri (normal ve reo) sonrası mikroyapılarını göstermektedir. Buna göre Şekil 3 (a)’da gösterilen 700 °C’de gerçekleştirilen normal döküm yapısını temsil etmektedir. Burada, açık gri renkli kısımlar α -Al dendritlerini, dendritler arasında yer alan koyu renkli kısımlar ise ötektik-Si fazını göstermektedir. Ergitme işlemi sırasında herhangi bir tane inceltme ya da modifikasyon işlemi yapılmadığından, ötektik silisyum fazı nispeten iğnemsî morfolojidedir. Öte yandan, Şekil 3 (b), (c) ve (d)’de yer alan mikroyapılara bakıldığında, α -Al dendritlerinin en çok 595 °C’de kırıldığını ve küreselleştiğini söylemek mümkündür.

Tablo 2. Döküm işlemleri sonrası A356 alaşımının sertlik değerleri (HB).

Sertlik (HB)			
Normal Döküm	Reo-döküm (605 °C)	Reo-döküm (600 °C)	Reo-döküm (595 °C)
54	62	63	65

Tablo 2’de döküm işlemleri sonrası alaşımlara ait sertlik değerleri verilmiştir. Buna göre, reo-dökümün alaşımın sertlik değerini önemli ölçüde artırdığı açıkça görülmektedir. Normal döküm sonrası elde edilen sertlik değeri 54 Brinell iken, farklı sıcaklıklarda gerçekleştirilen reodöküm işlemlerinin tamamında sertlikte artış gözlenmiş ve 595 °C’de yapılan reo-döküm işleminde ise 65 Brinell’e ulaşmıştır.

Çalışmanın genel sonuçlarına bakıldığında, reodöküm işlemleri sonrası mikroyapısal incelemelerle dendrit yapısının kırıldığı görülmüştür. Öte yandan, mekanik özellikler açısından karşılaştırma yapabilmek adına gerçekleştirilen sertlik ölçümlerinde reo-dökümün sertliği önemli ölçüde artırdığı gözlenmiştir. Reo-döküm tekniğinin bu olumlu özelliklerinin yanı sıra, endüstriyel uygulamalarda henüz çok sık tercih edilmemesinin nedeni, alüminyum alaşımları özelinde yarı-katı sıcaklık aralığının dar bir tolerans değerine sahip olmasından kaynaklı işlem sırasında sıcaklık kontrolünün oldukça zor olmasıdır.

Teşekkür

Bu çalışma Manisa Celal Bayar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2023-086 koduyla Lisans Öğrenci Araştırma Projesi kapsamında desteklenmektedir.

Kaynakça

Ammen C.W. (1985). Casting Aluminum, Tab Books Inc., ISBN 0-8306-0910-5.

Biröl Y. (2009). Internal cooling to produce aluminium alloy slurries for rheocasting, Journal of Alloys and Compounds, 480(2), 365-368: doi: 10.1016/j.jallcom.2009.02.104

Collot J. (2001). Review of New Process Technologies in the Aluminum Die-Casting Industry, Materials and Manufacturing Processes, 16(5), 595-617: doi: 10.1081/AMP-100108624

Flemings M.C. (1991). Behavior of metal alloys in the semisolid state. Metallurgical and Materials Transactions A, 22, 957-981: doi: 10.1007/BF02661090

- Fracchia E., Gobber F.S., Rosso M. (2021). Effect of Alloying Elements on the Sr Modification of Al-Si Cast Alloys, *Metals*, 11, 342: doi: 10.3390/met11020342
- Lumley R. (2010). *Fundamentals of Aluminium Metallurgy: Production, Processing and Applications*, Woodhead Publishing Series in Metals and Surface Engineering, Cambridge, ISBN: 9781845696542.
- Ragheb Z.D., Shabestari S.G., Najafi Y. (2023). Effect of strain-induced melt activation process and thixoforming on microstructure and mechanical properties of 319 aluminum alloy, *Journal of Alloys and Compounds*, 954, 170152: doi:10.1016/j.jallcom.2023.170152
- Schlesinger M.E. (2013). *Aluminum Recycling*, Boca Raton, CRC Press, ISBN 978-1466570245.
- Totten G.E., MacKenzie D.S. (2003). *Handbook of Aluminum Vol. 1: Physical Metallurgy and Processes*, CRC Press, ISBN 9780824704940.
- Wang Y., Liao H., Wu Y., Yang J. (2014). Effect of Si content on microstructure and mechanical properties of Al-Si-Mg alloys, *Materials & Design*, 53: 634-638. doi.: 10.1016/j.matdes.2013.07.067
- Yağcı T., Cöcen Ü., Çulha O., Armakan E. (2023). Investigation of metallurgical properties of Al-Si-Mg casting alloys with integrated computational materials engineering for wheel production. *Revista De Metalurgia*, 59(1): e233. doi: 10.3989/revmetalm.233
- Zhao H.L., Yue J.S., Gao Y., Weng K.R. (2013). Grain and dendrite refinement of A356 alloy with Al-Ti-C-RE master alloy, *Rare Metals*, 32: 12-17. doi: 0.1007/s12598-013-0021-5

Traffic Travel Time Estimation Using Traffic Sensor Data

Ümit Cihan Yılmaz

Vestel Elektronik Inc., R&D / IoT, Manisa-Yunusemre, Türkiye

İzmir Democracy University, Institute of Science,
Department of Electrical Electronics Engineering, İzmir-Karabağlar, Türkiye

Ege University, Institute of Science,
Department of International Computer Institute, İzmir-Bornova, Türkiye

umitcihan.yilmaz@vestel.com.tr

Introduction

To estimate traffic travel time using traffic sensor data for an application various studies and methodologies can be considered. The use of on-road sensor systems for traffic travel time forecasting has been explored extensively in the literature (Chan et al., 2013; Chan & Dillon, 2013; Kapileswar & Hancke, 2016; Bachechi et al., 2021). These studies emphasize the importance of on-road sensor systems in providing real-time traffic data, which is crucial for accurate traffic travel time prediction and proactive traffic control.

Overall, the synthesis of these references highlights the significance of on-road sensor systems, intelligent optimization algorithms, advanced computational techniques, and wireless sensor networks in forecasting traffic travel time using traffic sensor data for urban applications. By leveraging these methodologies, it is possible to develop accurate and reliable traffic travel time prediction models tailored to the specific requirements.

In comparing time series analysis and supervised learning for traffic travel time forecasting, it is crucial to consider the various methods and models used in the field. Time series analysis involves forecasting and control, and it is essential for understanding the temporal dependence of traffic data (Zhang et al., 2020). Traffic data demonstrate strong temporal dependence, which is crucial for traffic time series modeling (Zhang et al., 2020). Additionally, time series analysis models mainly use the linear characteristics of the data to predict future data, with a focus on the use of linear characteristics.

In terms of traffic travel time estimation, it is important to consider the spatial and temporal dependencies of traffic data. Traditional time series forecasting models have been criticized for focusing only on the temporal correlation of traffic time series data while ignoring the spatial correlation of traffic road networks (Wang et al., 2022). This highlights the need for models that can capture both spatial and temporal dependencies for accurate traffic flow forecasting.

In addition, the use of machine learning and artificial intelligence techniques has been prevalent in traffic travel time prediction. Studies by and proposed hybrid models that utilize variational mode decomposition, wavelet threshold denoising, and long short-term memory neural network to improve the accuracy of traffic travel time prediction (Yang et al., 2021). These studies

demonstrate the effectiveness of machine learning and artificial intelligence in enhancing the prediction accuracy of traffic travel time.

Moreover, the literature also emphasizes the significance of considering the statistical properties of the dataset used for traffic travel time prediction. conducted a study to reveal the relationship between the statistical properties of the dataset and the performance of the long short-term memory network (LSTM) approach in short-term traffic travel time prediction (Doğan, 2020). This highlights the importance of understanding the statistical characteristics of the data for developing accurate traffic travel time prediction models.

In conclusion, both time series analysis and supervised learning play crucial roles in traffic travel time forecasting. Time series analysis provides insights into the temporal dependence of traffic data, while supervised learning, particularly deep learning techniques, offers the potential for accurate and efficient traffic travel time prediction. Future research in this field should focus on developing models that can effectively capture both spatial and temporal dependencies in traffic data for improved forecasting accuracy.

Material and Method

In this study, the LSTM method was chosen. LSTM is an artificial neural network and is a deep learning model. In queue-to-queue learning, depicted in Figure 1, an LSTM model is trained to map an input queue to an output queue. The input and output are not necessarily of the same length. It can be treated as an encoder on the left hand side and a decoder on the right hand side. The inputs on the left-hand side and the output of the repeater vector encoder on the right-hand side are the decoder input and the time-distributed layer prediction output is the decoder output. Sequence learning is used in time series such as language translation, speech recognition, prediction, etc. In our study, we used rank order to learn time series prediction.

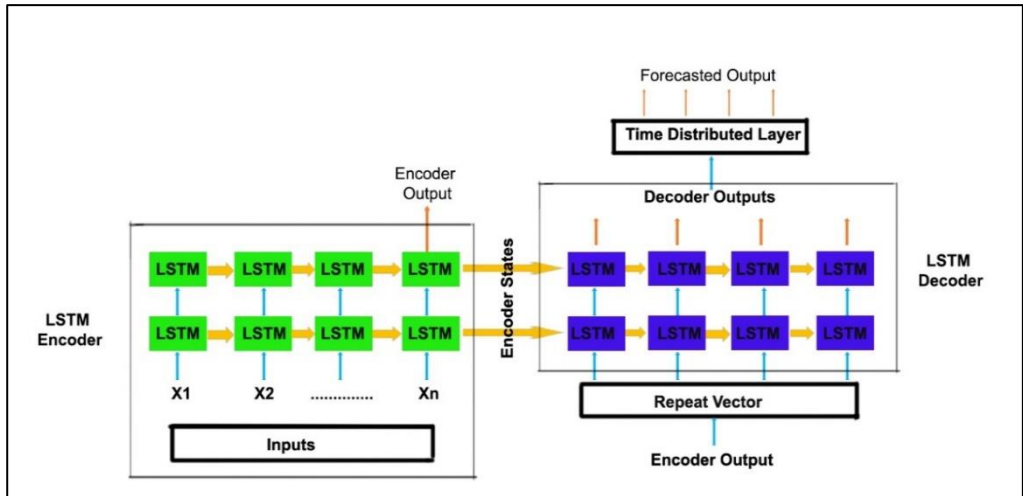


Figure 1 - Lstm model for time series forecasting (Jagadeesh, 2020)

Once a prediction is made, the model is fed back to predict the next value in the sequence. The LSTM architecture is shown in Figure 2.

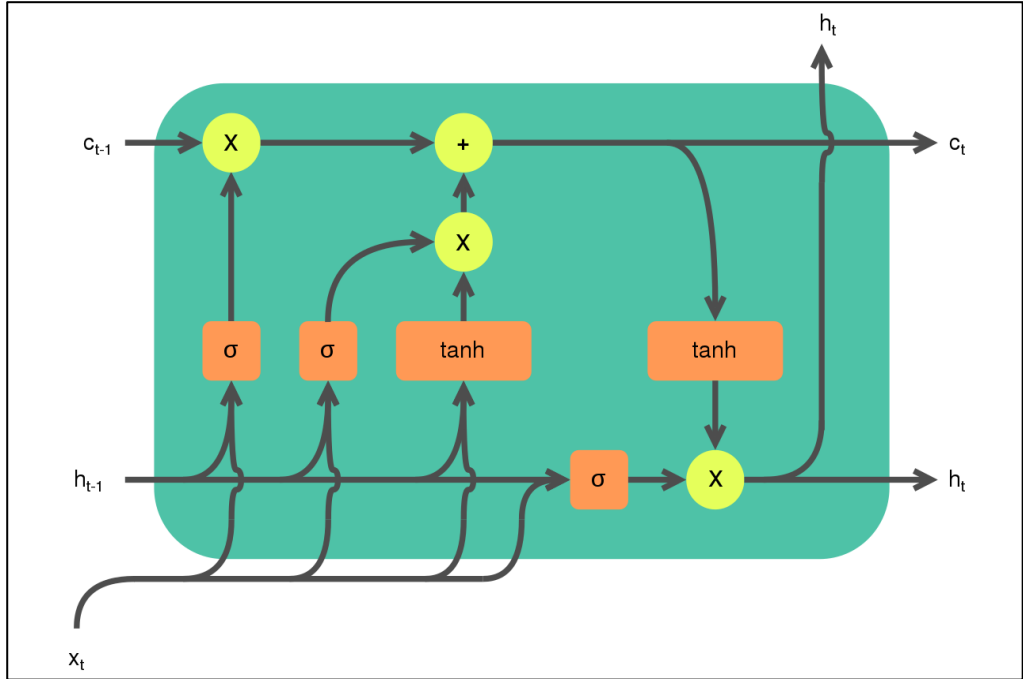


Figure 2 - Lstm architecture (Mushailov, 2021)

Results and Discussion

In the first and first study of the design of LSTM; Python 3 version programming language and primarily PyTorch library were used on the Jupyter Notebook application within the Anaconda Navigator platform. In addition, numpy, matplotlib, pandas and sklearn libraries were also installed and used. The data set was converted from excel file format to csv (single line comma separated) format and the data set was opened in python software by calling python command line. The 'Average Travel Time' data set was plotted with the plot command in python as shown in Figure 3 and Figure 4. The numeric value of the dataset used was defined both as a decimal form of a whole number with 2 digits written after the comma or dot, and as an integer form. The datasets were imported into the software in decimal form in Figure 3 and in integer form in Figure 4, respectively. The plotted time series and predictive graphs were expressed as output after the training and testing processes of the Python codes.

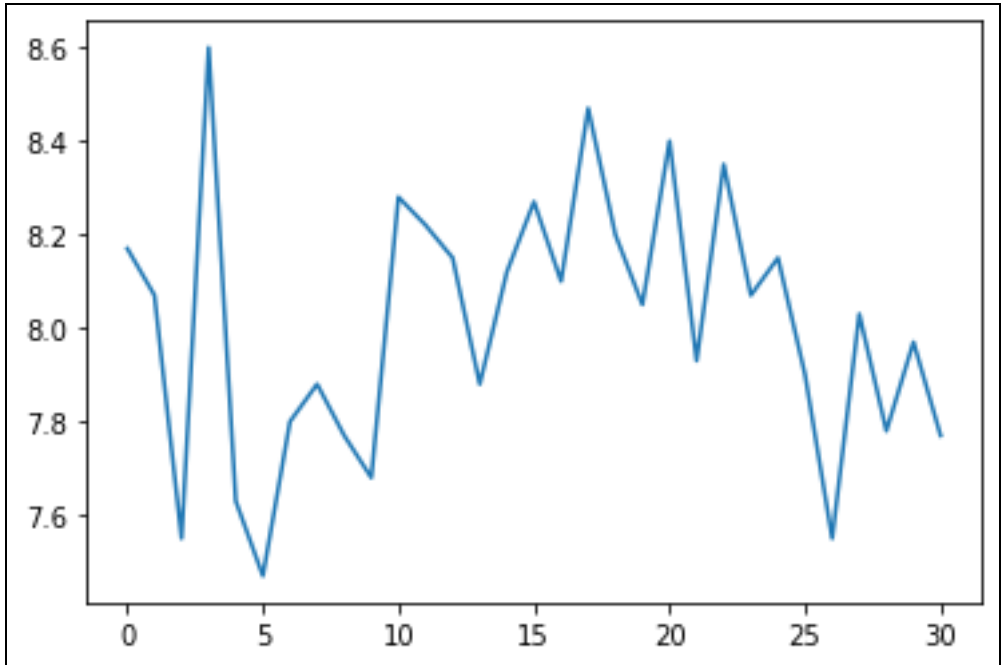


Figure 3 - Lstm time series plot of average travel time decimal data based on sensors 1.

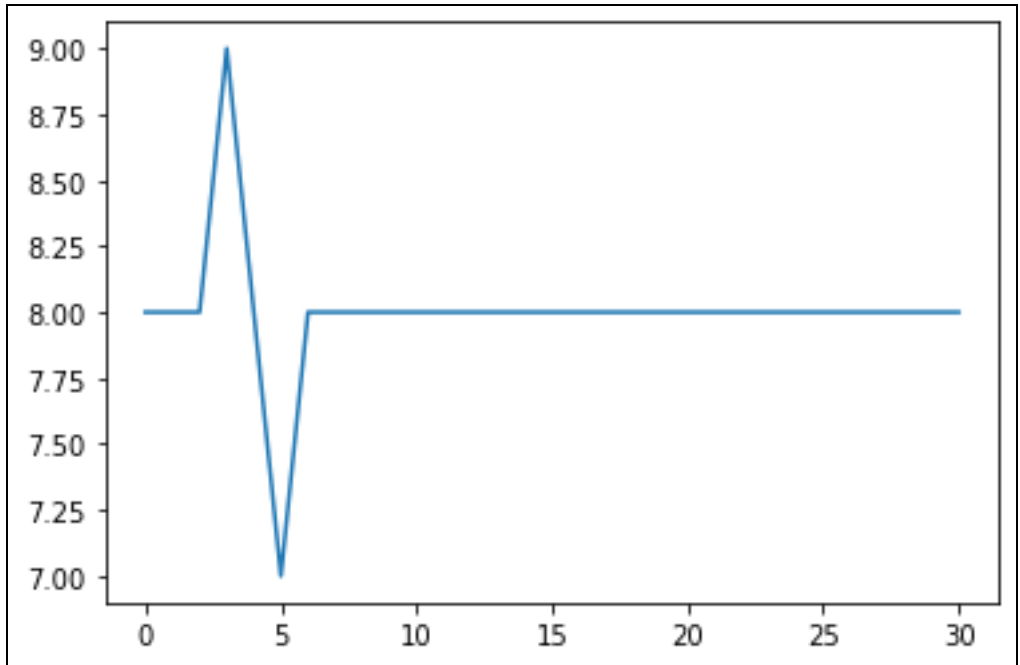


Figure 4 - Lstm time series plot of average travel time integer data based on sensors 1.

For the training and testing process, the deep learning branch of artificial intelligence was chosen and LSTM is a recurrent neural network for time series used in deep learning. We can say that the higher the number of trainings, the better the time series prediction result will be.

In Figure 5; decimal data and in Figure 6; integer data are plotted with the Time Series Prediction plotting command of our Sample Application:

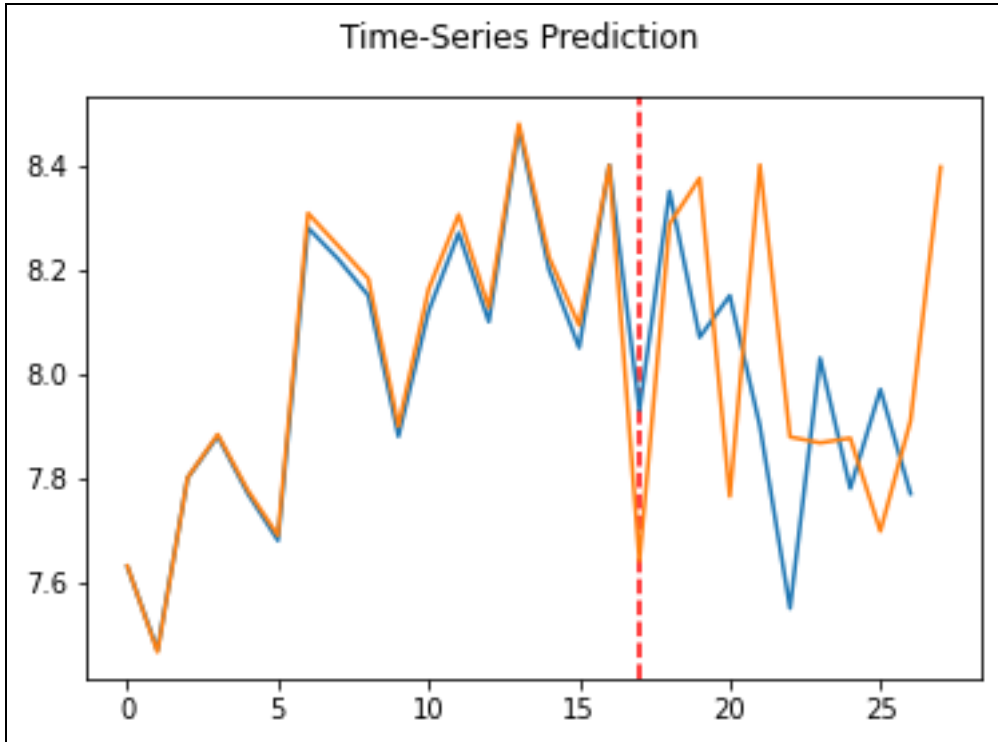


Figure 5 - Average travel time decimal data based on sensors 1. lstm time series forecast

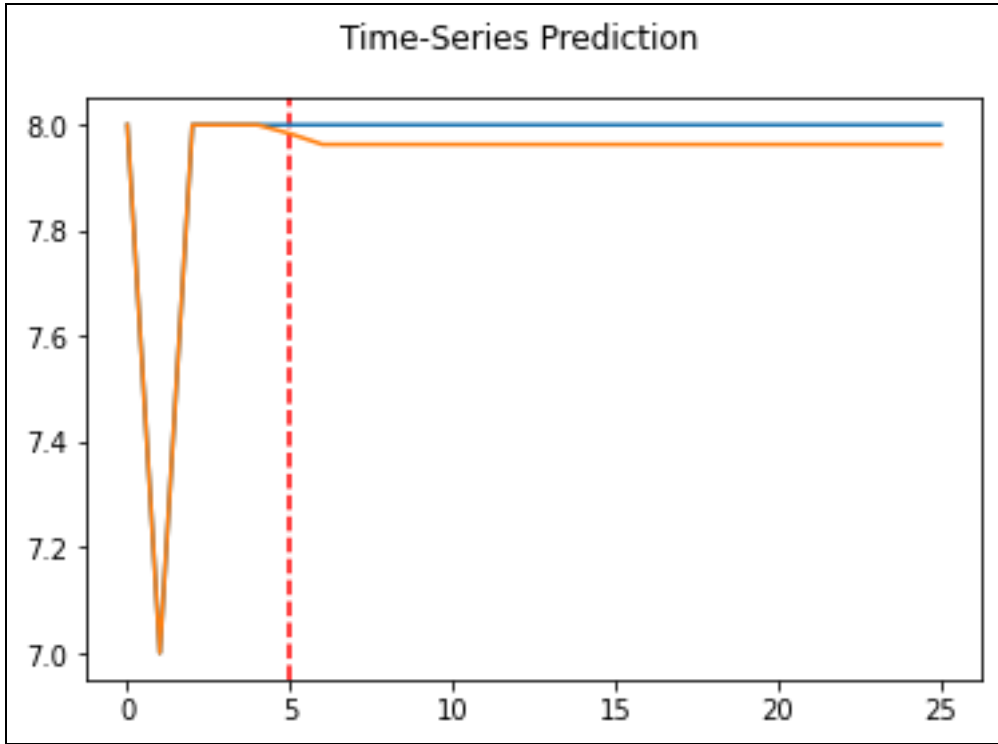


Figure 6 - Average travel time integer data based on sensors 1. lstm time series forecast

In the second study on the design of LSTM; Python 3 version programming language and primarily Keras library were used on the Jupyter Notebook application within the Anaconda Navigator platform. In addition, numpy, matplotlib, math, pandas and sklearn libraries were also installed and used. The data set was converted from excel file format to csv (single line comma separated) format and the data set was opened in python software by calling python command line. The 'Average Travel Time' data set was plotted with the plot command in python as shown in Figure 7. The numeric value of the data set used is defined as an integer.

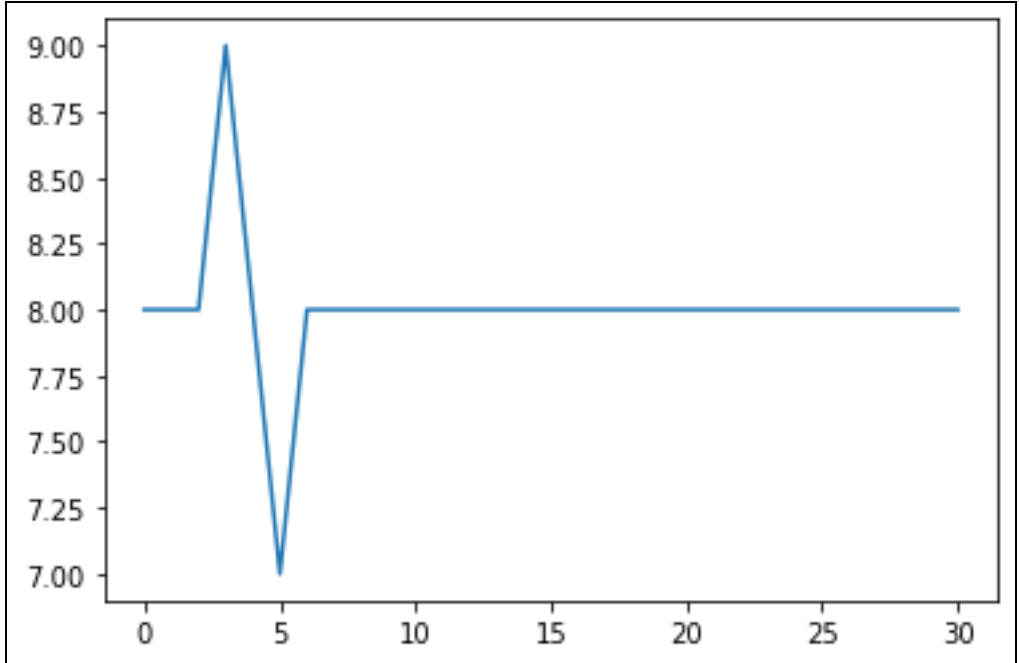


Figure 7 - Average travel time integer data based on sensors 2. lstm time series plot

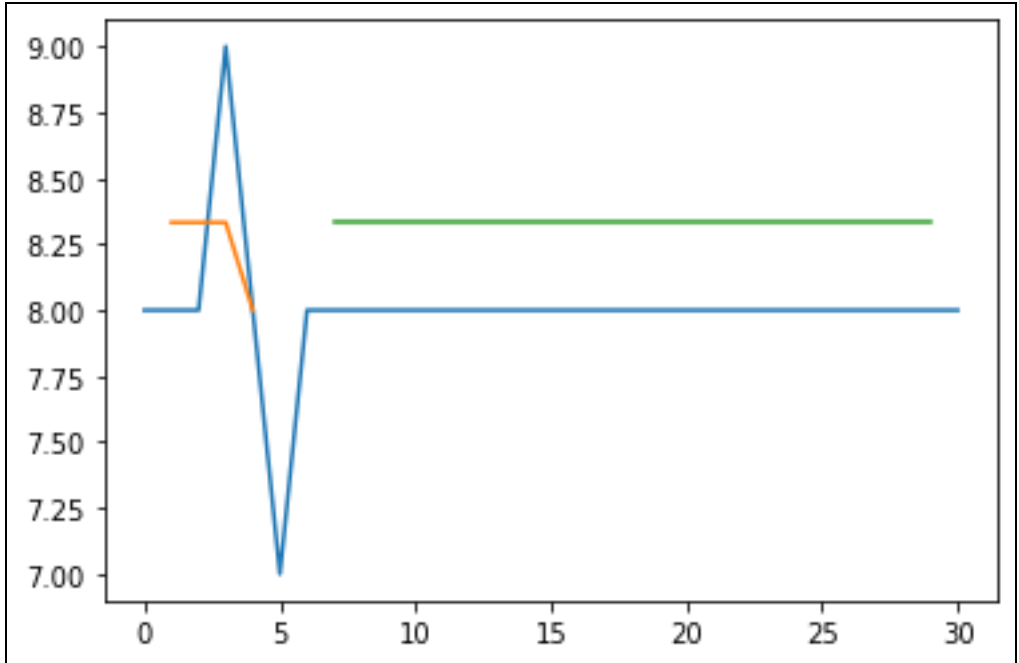


Figure 8 - Average travel time integer data based on sensors 2. lstm time series modeling

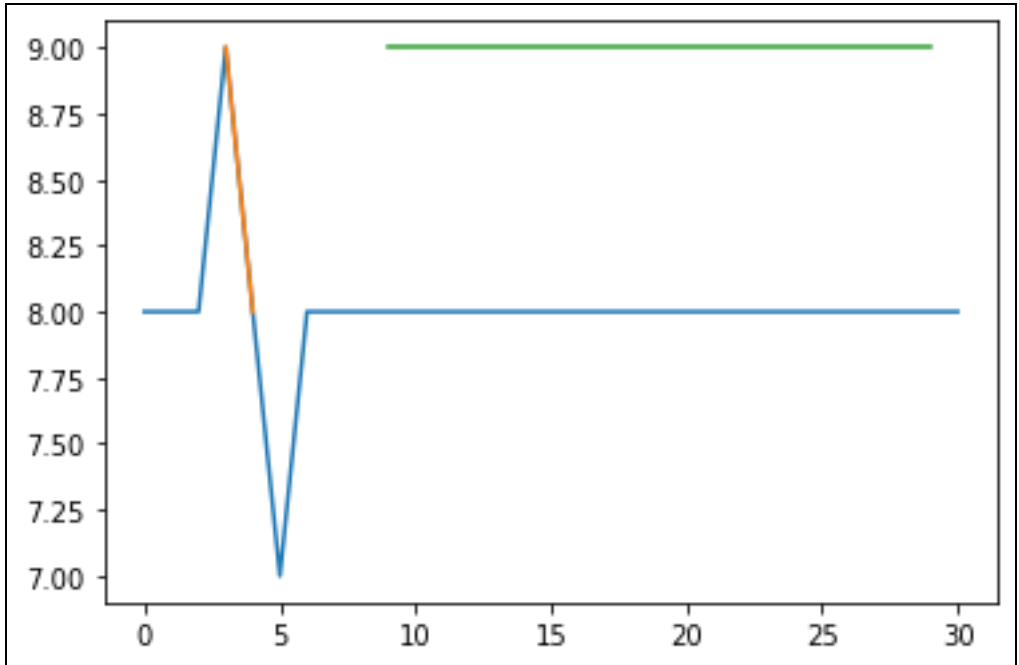


Figure 9 - Average travel time integer data based on sensors 2. lstm time series forecast iteration

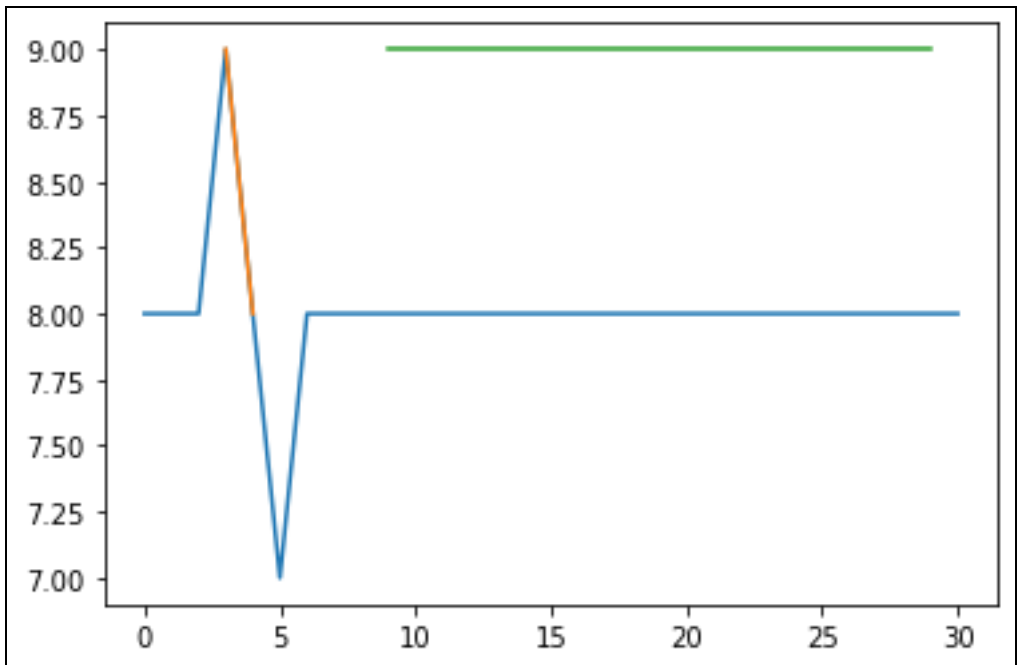


Figure 10 - Average travel time integer data based on sensors 2. lstm time series forecast

From the differences between the first and second studies of our case study, we can state that in the first study, our dataset contained decimal and integer data separately, while in the second

study, we have data that contains the integerized version of our dataset. LSTM method was used in both deep learning algorithms. In the first deep learning study, PyTorch and Pandas libraries were primarily used, while in the second deep learning study, Keras and Pandas libraries were primarily used.

The travel time of the route path in the pilot region varies between 7.6 and 8.4 minutes according to the decimal data set: 7.6 to 8.4 minutes according to the decimal data set, while in the first and first study, a value very close to 8 minutes was calculated as 7.99 minutes according to the integer data set and plotted on the graph. In the second study, according to the calculated estimation results; the travel time of the route road on the pilot region was calculated as 9 minutes.

Computer specifications used in the studies: intel core i5-2430M CPU 2.40 GHz, 4.00 GB RAM, windows 7 ultimate 64 bit operating system, Anaconda platform was used for python software language, python 3 version was preferred over Jupyter Notebook by creating a new 'environmental' instead of 'base root'.

Another thing that can be calculated with the data set we have is the maximum capacity of the road and how much of this capacity is used under which traffic conditions. When we know the capacity, we can say that we know how many vehicles that road can handle in normal traffic flow. This information will be very useful in interpreting the baseline forecast.

Capacity can be expressed as the maximum value of the product of the observed speed and occupancy for a road. The capacity parameter is thought to be related to the occupancy of the road, the average speed and the number of vehicles on the road. Therefore, for clarity, the capacities of several sensor points for the roads they cover and the percentage of the road's capacity occupied under certain conditions will be observed and the relationship with speed and number of vehicles will be shown on a graph.

Table 1: When the calculations for the four sensors are analyzed, it is observed that capacity utilization has a similar relationship with average speed, number of vehicles and occupancy. For example, as the number of vehicles and occupancy decreases, average speed increases and capacity utilization decreases. In other words, as the number of vehicles and occupancy increases, the average speed decreases. Moreover, the data in the fourth and fifth sections show that capacity utilization increases especially during the morning commute and the evening commute.

Table 1: Sensor Capacity Results

<i>Sensor Name:</i>	<i>Occupation:</i>	<i>Average Speed:</i>	<i>Capacity:</i>
011	96,31	41,82	4027
010	74,98	41,95	3145
009	76,25	44,44	3388
006	101,85	57	5805

In the deep learning model type studies; the data from the data source of the sensors are expressed with the LSTM method in the deep learning model type. When the LSTM method is applied, RMSE '0' is calculated. We can say that the less the deviation or error rate, the more determinant and effective it is in terms of accuracy. In this context, we can say that the LSTM

method is successful in modeling traffic.

In addition, in the LSTM method, two separate codes were developed and organized using Pandas and PyTorch and Pandas and Keras binary libraries. It is thought that a better result is obtained with the code developed and edited by using primarily Pandas and PyTorch binary libraries in the LSTM method for integer data related to the time series without seasonality feature of our study.

It can be used as a basis for VMS or forward time traffic forecasting modeling or systems. Moreover, this study will also shed light on the application of average travel time calculation in TCCs (Traffic Control Centers) and TMCs (Transportation Management Centers).

The amount of time that traffic consumes in the lives of people living in metropolitan cities is increasing day by day. Today, the time spent in traffic for hours and hours is not only impossible to compensate for, but it is also wasted time. In this context, scientific improvement studies on traffic can also improve the quality of human life by affecting it in a good way.

In future studies, the parameters and application method types of the model developed in this study can be further developed. For example; pedestrian crossings, vehicle parking, road works, accidents, traffic light signaling, etc. By calculating the delay times of the parameters and adding other machine learning, deep learning and even computer vision models in the literature, comparisons can be made by training with other models expressed in the literature, and thus, according to the parameters and effects, smart autonomous systems can be developed that can solve which problems and problems by matching which artificial intelligence models in general.

References

Bachechi, C., Rollo, F., & Po, L. (2021). Detection and classification of sensor anomalies for simulating urban traffic scenarios. *Cluster Computing*, 25(4), 2793-2817. <https://doi.org/10.1007/s10586-021-03445-7>

Chan, K., Dillon, T., & Chang, E. (2013). An intelligent particle swarm optimization for short-term traffic flow forecasting using on-road sensor systems. *Ieee Transactions on Industrial Electronics*, 60(10), 4714-4725. <https://doi.org/10.1109/tie.2012.2213556>

Doğan, E. (2020). Analysis of the relationship between lstm network traffic flow prediction performance and statistical characteristics of standard and nonstandard data. *Journal of Forecasting*, 39(8), 1213-1228. <https://doi.org/10.1002/for.2683>

Jagadeesh, S., 2020, Multivariate Multi-Step Time Series Forecasting Using Stacked LSTM Sequence Autoencoder in Tensorflow 2.0 / Keras, <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2020/10/multivariate-multi-step-time-series-forecasting-using-stacked-lstm-sequence-to-sequence-autoencoder-in-tensorflow-2-0-keras/>

Kapileswar, N. and Hancke, G. (2016). A survey on urban traffic management system using wireless sensor networks. *Sensors*, 16(2), 157. <https://doi.org/10.3390/s16020157>

Mushailov, J., 2021, LSTM Framework for Univariate Time Series Prediction, <https://towardsdatascience.com/lstm-framework-for-univariate-time-series-prediction-d9e7252699e>

Wang, Z., Zhang, S., Zhou, B., & Wang, B. (2022). Residual graph convolutional recurrent networks for multi-step traffic flow forecasting.. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2205.01480>

Yang, Y., Shang, Q., & Xie, T. (2021). A hybrid model for short-term traffic flow prediction based on variational mode decomposition, wavelet threshold denoising, and long short-term memory neural network. *Complexity*, 2021, 1-24. <https://doi.org/10.1155/2021/7756299>

Zhang, Q., Chang, J., Meng, G., Xiang, S., & Chen, P. (2020). Spatio-temporal graph structure learning for traffic forecasting. *Proceedings of the Aaai Conference on Artificial Intelligence*, 34(01), 1177-1185. <https://doi.org/10.1609/aaai.v34i01.5470>

Ormanların Sürdürülebilir Kullanımı ve Akıllı Yönetimi

Ümit Cihan Yılmaz¹ ve İlhan Kaya²

¹Vestel Electronics Inc., R&D / IoT, Manisa-Yunusemre, Türkiye

¹İzmir Democracy University, Institute of Science,
Department of Electrical Electronics Engineering, İzmir-Karabağlar, Türkiye

¹Ege University, Institute of Science,
Department of International Computer Institute, İzmir-Bornova, Türkiye

²Vestel Electronics Inc., R&D / IoT, Manisa-Yunusemre, Türkiye

umitcihan.yilmaz@vestel.com.tr

Giriş

İklim değişikliğinin ağaç türlerinin yaşayabileceği bölgeleri ve ağaç türlerinin çeşitliliğini etkilemesi muhtemeldir. Ormanlar konusunda küresel düzeyde yasal bağlayıcılığı olan kapsamlı bir belge bulunmamakla birlikte, Paris Anlaşması, Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi (CBD), BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC), Kyoto Protokolü ve 1990'ların başında geliştirilen BM Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi (UNCCD) gibi çeşitli sözleşmelerde çeşitli mevzuatlar oluşturulmuştur. AB 2050 vizyonu ile uyumludur: AB, 2050 yılına kadar biyoçeşitliliği ve biyolojik çeşitliliği korumayı, değerlendirmeyi ve yeterince restore etmeyi ve sağladığı ekosistem hizmetleri - doğal sermaye - doğal değer ve insanlığa temel katkısı nedeniyle biyoçeşitlilik kaybını önlemeyi hedeflemiştir (AÇA Raporu, 2016); çeşitlilik, iklim değişikliği ve çölleşme konularına daha fazla odaklanılmıştır. İklim değişikliği, biyotik ve abiyotik tehditler birçok orman ekosisteminin dinamiklerinin ayrılmaz bir parçasıdır. Ormanlarda farklı biçim ve düzeylerde fiziksel ve ekonomik zararlara neden olan bu faktörler arasında biyotik ve abiyotik tehditler önemli bir yer tutmaktadır. Biyotik tehditler açısından zararlılar, doğal ormanlar üzerindeki en yıkıcı faktörlerdir (Ivantsova vd., 2019). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, her yıl yaklaşık 35 milyon hektar ormanın böcek zararlıları tarafından tahrip edildiğini belirtmiştir. Böcek ve patojen istilalarının iklim değişikliği üzerindeki etkileri, orman yönetimi etkileşimleri ve tahmin yöntemleri, bu etkilerin değerlendirilmesi ve azaltılması esastır (FAO, 2021). Orman yangınları gibi abiyotik tehditler de orman hasarının ana nedenlerinden biridir.

Sistemik bir yaklaşım benimseyen bu çalışma, en yeni yapay zeka çözümlerini kullanarak kanıtlanmış yönetim ve sürdürülebilir orman izleme stratejilerini temel alan ve geliştiren orman yönetimi için Yenilikçi bir dijital orman ikizi elde etmeyi amaçlamaktadır. Bu çalışmada, (1) bir yönetim/yönetişim stratejisi olarak paydaş eylemi/katılımı (2) yerel, ulusal, ulus ötesi hükümet ve yönetim mekanizmaları (3) orman ekosistem hizmetlerinin kalitesini korumak ve artırmak için riskleri değerlendirmek, tahmin etmek ve yönetmek üzere paydaşlar için yeni sürdürülebilir orman biyotik-abiyotik tehdit izleme ve yönetim platformları oluşturmak amacıyla yapay zeka, veri analitiği, bilgisayar görüşü, Mobil LiDAR sistemi, saha sensörleri/sistemleri, İHA/drone çözümleri, uydu görüntülerine erişimi birleştirerek teknolojik

uygulamalar geliştirmekle ilgili kritik stratejileri kullanmaktadır. Akıllı ve veri odaklı çevreye duyarlı bir orman ürünleri kullanım sistemi, verileri bir bilgi girdisi olarak alacak ve belirsizlik durumunda karar vermeyi kolaylaştırmak için bir karar verme aracı olarak kullanılabilir. Ayrıca, veri odaklı yaklaşımların kullanılması, karar vericilerin orman yönetimini daha etkili hale getirmelerine yardımcı olmaktadır.

Bu çalışma, farklı coğrafi bölgelere ölçeklendirilebilen ve çeşitli idari mevzuatlara, mikro iklime ve biyolojik çeşitliliğe uyarlanabilen yeni, bilgi tabanlı, sistemik bir Entegre Dijital Orman İkiz Sistemi önermektedir. Bu çalışmada, devlet kurumları, yatırımcılar, son kullanıcılar vb. dahil olmak üzere kamu otoritelerine sistematik-bilgi tabanlı karar desteği sunulmaktadır. Bu çalışma, daha doğru ve neredeyse gerçek zamanlı kararlar almak için bütünsel bir sistem sağlamayı amaçlamaktadır. Bu çalışmanın Dijital İkiz yaklaşımı, orman yönetimi için kritik önleyici ve düzeltici bilgiye dayalı kararların oluşturulmasını sağlayacaktır. Bu çalışmanın etkisini artırmak için, farklı iklim koşullarına, biyolojik çeşitliliğe, mevcut araçların çeşitliliğine ve orman alanında kullanılan mevzuatlara uyarlanabilir şekilde tasarlanmıştır. Bu çalışma, farklı veri kaynaklarının, uzay, yer ve hava tabanlı girdilerin ve harici sistemlerin kullanımını için verimli bir mimari sunacaktır.

Artan dijitalleşme seviyesiyle birlikte, doğru karar verme için orman bileşenlerinin dijital ikizlerini oluşturmak mümkündür. İlk olarak, sahada IoT sensörlerinin kullanılması, gerçek zamanlı veri toplanmasını sağlayarak yerel ölçekte etkili ve verimli analizler yapılmasını sağlayacaktır. Bu gereksinimi karşılamak için açık, birleşik ve platformdan bağımsız iletişim standartları uygulanacaktır. Ardından, biyotik ve abiyotik etkiler için orman bileşenlerinin mantıksal yapısını temsil eden bir bilgi modeli bu çalışma çerçevesi olarak geliştirilecektir. Son olarak, iletişim standardı ve bilgi modeline dayalı olarak, bu çalışmanın farklı uygulamalar için yapılandırılmış ve bağlamsallaştırılmış veri sağlayabilmesi için belirli bir veri iletişim mekanizması seçilecektir. Biyotik-abiyotik tehditlerin dijital bir ikizi oluşturulacak ve bu çalışma çerçevesinde kullanılacaktır. Model, biyoçeşitlilik, biyokütle, coğrafi koşulların yanı sıra etkilenen alanların çok ölçekli ve dinamik izlenmesini de içerecektir. Bu çalışma, ESA Copernicus (EFFIS, İklim Değişikliği Hizmeti ve Uydu Görüntüleri) ve NASA gibi mevcut veri setlerinden ve hizmetlerinden yararlanacaktır. Copernicus Sentinel görüntü verileri, küresel ölçekte orman biyotik ve abiyotik tehditlerinin erken teşhisi için bu çalışma dijital ikizini oluşturmak için kullanılacaktır. Bu ürünlerin avantajları orta mekansal çözünürlük (10 m) ve alım sıklığıdır (6-12 gün).

Böcek istilasına uğramış ormanlar, kuraklıktan etkilenen alanlar, yanmış alanlar ve yanık şiddeti haritaları gibi yüksek mekansal ve zamansal çözünürlüklü raster ve vektör verilerden oluşan bir CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) web sunucusu ile entegre edilecek bir karar verme sistemi kurulacaktır. Pilot bölgeler için etkin müdahale mekanizmaları için küresel, bölgesel ve yerel ölçekte yetkililerle veri paylaşımı sağlanacaktır. Bu çalışma tarafından oluşturulan yerel dijital orman ikiz verileri geniş bir kullanıcı ve yetkili yelpazesine paylaşılacaktır. Bilgi modelleri sensörlerden ve diğer durum verilerinden toplanan verilerin yanı sıra zamansal, mekansal, topolojik ve çevre modelleme verilerini de yakalayacaktır.

Bununla birlikte, modelleme yalnızca verilere odaklanmayacaktır; işlemler/hizmetler ve nesnelerin kendileri de dahil olmak üzere sistem işleyişinin tüm yönleri bilgi modellerine kapsamlı bir şekilde yansıtılacaktır. Mesajlaşma ve düzenleme, bu çalışma operasyonlarına katılan varlıklar arasında etkili etkileşim ve varlıkların (sistemler, aktörler, cihazlar) ve bunların sistem hedeflerine yönelik eylemlerinin etkili bir şekilde düzenlenmesi için mekanizmalar

sağlar (varlıklar arasında mesajlaşma ve hizmet aracılığı). Bu çalışma, iş akışı modelleme, örnekleme, yürütme ve düzenleme için gerekli araçları uygulamaya koyacaktır. Operasyonel süreçlerin uyarlanabilirliği olaylarla ilgili olarak desteklenecek ve oluşturulacaktır. Sonuç olarak, mevcut araştırma ve geliştirme çalışmaları ve projelerinin yanı sıra bu çalışma, orman yönetimi için çok ölçekli, sürdürülebilir izleme ve en son yapay zeka tekniklerini kullanarak biyotik-abiyotik tehditlerin erken teşhisi; çok sensörlü verilerin yapay zeka tabanlı işlenmesi; makine öğrenimi, derin öğrenme kullanılarak orman sistemi modellerinin geliştirilmesi gibi etkili bileşenlere sahip entegre bir çözüm önermektedir. Önerilen yapay zeka tabanlı çözümler, birlikte çalışabilirlik platformu ve web tabanlı CBS uygulaması için sürdürülebilir veri kaynakları sağlayacaktır.

Ormanların sürdürülebilir kullanımı ve akıllı yönetimi, etkili orman yönetimini sağlamak için çeşitli veri kaynaklarının, sensörlerin ve veri modellerinin entegrasyonunu gerektirir. Uzaktan algılama teknolojileri, orman izleme ve yönetimi için veri sağlamada çok önemli bir rol oynamaktadır. Orman toprak üstü biyokütle tahmini için farklı sensör verilerini ve modelleme algoritmalarını etkili bir şekilde birleştirmenin önemi vurgulanmıştır (Gao vd., 2018). Bu durum, doğru biyokütle tahmini için sensörlerin ve veri kaynaklarının dikkatli bir şekilde seçilmesi ve entegre edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Ayrıca, orman yönetimini ve ekosistem anlayışını geliştirmek için yerel dijital orman modellerinin kullanımı vurgulanmıştır (Vagizov vd., 2021). Bu durum, sürdürülebilir orman yönetimi projeleri için dijital orman modellerinin veri kaynaklarına dahil edilmesinin önemini ortaya koymaktadır.

Ayrıca, orman izleme ve yönetimi için uzaktan algılama verilerinin kullanımı çeşitli çalışmalarla vurgulanmıştır. Örneğin, uzaktan algılama verilerine dayalı sürdürülebilir orman yönetimi gelişiminin analizi vurgulanmıştır (Bartniczak & Raszowski, 2018). Benzer şekilde, uzaktan algılama ve saha örnekleme kullanarak orman topluluklarının bölgesel düzeyde mekânsal modellemesi tartışılmıştır (Kotlov & Chernen'kova, 2020). Bu çalışmalar, sürdürülebilir orman yönetimi projeleri için gerekli olan orman dinamiklerini ve mekânsal yapıları anlamada uzaktan algılama verilerinin önemini vurgulamaktadır. Uzaktan algılamaya ek olarak, orman yönetimi için makine öğrenimi tekniklerinin entegrasyonu, orman yangını tahmini için makine öğreniminin kullanımı tartışılmıştır (Ge vd., 2022). Bu durum, ormanların sürdürülebilir kullanımı ve akıllı yönetimi için veri modellerinin bir parçası olarak makine öğrenimi algoritmalarının entegre edilmesi potansiyeline işaret etmektedir.

Genel olarak, sürdürülebilir orman yönetimi projeleri için sensörlerin, veri kaynaklarının ve veri modellerinin ilk seçimi, kapsamlı ve etkili orman izleme ve yönetimi sağlamak için uzaktan algılama verilerinin, dijital orman modellerinin ve makine öğrenimi tekniklerinin entegrasyonuna öncelik verilmelidir. Tüm ortaklar için kullanıcı hesapları ve standart bir kontrol paneli olan bir proje için ortak bir IoT platformu tasarlamak ve dağıtmak için birlikte çalışabilirlik, güvenlik ve gizliliği göz önünde bulundurmamak çok önemlidir. IoT platformu genel bir hizmet arayüzü, ortak güvenlik kriterleri ve kesintisiz sensör desteği sağlamalıdır. Çeşitli IoT çözümleri için ortak operasyonların uygulanmasında IoT platformlarının önemini vurgulayarak, tüm ortaklar için ortak bir platform gerekliliğiyle uyumlu olan birlikte çalışabilirlik ihtiyacını vurgulamaktadır (Barros vd., 2022). Ayrıca, kullanıcı hesaplarının ve kontrol panelinin güvenliğini sağlamak için çok önemli olan IoT platformları için ortak güvenlik kriterleri hakkında bilgi vermektedir (Lopez vd., 2018). Ortak bir IoT platformu belirlemek için platformların birlikte çalışabilirliğini, güvenliğini ve ölçeklenebilirliğini göz önünde bulundurmamak önemlidir. IoT ekosistemleri için bir mimari model sunmakta ve platformlar arası birlikte çalışabilirliği sağlamak ve başarılı IoT ekosistemleri kurmak için desteklenmesi gereken beş ortak birlikte çalışabilirlik modelini vurgulamaktadır (Bröring vd., 2017). IoT platformlarının çoğalmasını ve bunların farklı tasarım ilkelerini, bilgi işlem paradigmasını ve

teknolojilerini tartışmakta ve bu farklı özellikleri barındırabilecek ortak bir platform belirleme ihtiyacının altını çizmektedir (Fortino vd., 2022). Ayrıca, farklı kullanım modellerine ve özelliklerine sahip çeşitli IoT platformlarının mevcudiyeti vurgulanarak, farklı gereksinimlere cevap verebilecek bir platformun belirlenmesi gerektiği belirtilmektedir (Nardis vd., 2022).

Ayrıca, Nesnelerin İnterneti için sağlık hizmetlerinde sorunsuz sensör desteği için açık bir platformun önemini tartışmakta, farklı kullanıcı hesaplarını barındırabilen ve standart kontrol paneli özellikleri sağlayabilen bir platformun önemini vurgulamaktadır (Miranda vd., 2016). Ek olarak, IoT platformları için kullanıcı hesaplarının ve genel platformun güvenliğini sağlamak için uygun olan bir güvenlik genel hizmet arayüzü sunmaktadır (Mi vd., 2017).

Güvenlik açısından, IoT platformları için ortak bir platform seçerken çok önemli olan ortak güvenlik kriterlerini tanımlamaktadır (Lopez vd., 2018). Ayrıca, IoT platformlarını farklı IoT kullanıcılarının beklentilerini karşılama becerilerine göre değerlendirmektedir (Mineraud vd., 2016); bu da çok çeşitli kullanıcı ihtiyaçlarına cevap verebilecek bir platformun belirlenmesi için gereklidir. Güvenlik ve birlikte çalışabilirliğe ek olarak, platform gizliliği de dikkate alınmalıdır. Bağlantılı Veri bağlamında gizliliğin korunmasının önemini tartışmakta ve kullanıcı verilerini korumak için teknik ve yasal araçlara duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır (Bizer vd., 2009). Bu, IoT platformundaki tüm ortaklar için kullanıcı hesapları tasarlanırken çok önemlidir.

Ölçeklenebilirlik, IoT platformlarının ölçeklenebilirliğinin ve birlikte çalışabilirliğinin önemini vurgulayan tarafından vurgulandığı gibi bir diğer önemli faktördür (Touati vd., 2018). Ayrıca, IoT platformlarının ölçeklenebilirlik gereksinimlerini karşılamak için gerekli olan IoT veri analizi için uç-bulut bilişimin işbirliğini tartışmaktadır (Moon vd., 2019).

Sonuç olarak, tüm ortaklar için kullanıcı hesaplarına ve standart bir kontrol paneline sahip ortak bir IoT platformu tasarlama ve dağıtma gereksinimlerini karşılamak için birlikte çalışabilirlik, güvenlik ve gizliliği göz önünde bulundurmak çok önemlidir. Platform, genel bir hizmet arayüzü, ortak güvenlik kriterleri ve kesintisiz sensör desteği sağlamalı ve aynı zamanda kullanıcı hesapları için gizlilik koruması sağlamalıdır. Bu faktörler göz önünde bulundurulduğunda, ortak bir IoT platformunun belirlenmesinin birlikte çalışabilirlik, güvenlik ve ölçeklenebilirlik konularının dikkatle ele alınmasını gerektirdiği açıktır. Platform, farklı kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayabilmeli, çeşitli tasarım ilkelerini ve teknolojilerini barındırabilmeli ve IoT ekosistemleri için birlikte çalışabilirlik ve ölçeklenebilirlik sağlayabilmelidir.

Ormanların sürdürülebilir kullanımı ve akıllı yönetimi projesine özel kontrol paneli ve gösterge tablosu uygulaması, orman kaynaklarının etkin bir şekilde izlenmesini ve yönetilmesini sağlamada çok önemli bir bileşendir. Bu araç, sürdürülebilir ormancılık uygulamalarını teşvik etmek amacıyla verilerin entegre edilmesi, eğilimlerin analiz edilmesi ve bilinçli kararlar alınması için kapsamlı bir platform sağlar. Böyle bir kontrol paneli ve gösterge tablosunun uygulanması, etkinliğini ve belirli bir projeye uygunluğunu sağlamak için çeşitli faktörlerin dikkatle değerlendirilmesini gerektirir.

Kontrol paneli ve gösterge panosunun önemli bir yönü, orman alanından gelen gerçek zamanlı verilerin entegrasyonudur. Bu, ağaç türleri, biyolojik çeşitlilik, orman sağlığı ve ekolojik göstergeler hakkındaki bilgileri içerebilir. Kontrol paneli ve gösterge tablosu, gerçek zamanlı verileri bir araya getirerek ormanın mevcut durumu hakkında güncel bilgiler sağlayabilir ve proje yöneticilerinin potansiyel sorunları tespit edip zamanında düzeltici önlemler almasına olanak tanır.

Ayrıca, kontrol paneli ve gösterge tablosu, trend analizini ve uzun vadeli planlamayı kolaylaştırmak için geçmiş verileri de içermenin yanında, sürdürülebilir ormancılık uygulamalarının etkinliğini ölçmek için temel performans göstergelerini de (KPI'lar) içermelidir. Bu KPI'lar ormanlarda karbon birikimi, biyoçeşitliliğin korunması, toplum katılımı ve ekonomik uygulanabilirlikle ilgili göstergeleri içerebilir. Proje yöneticileri KPI'ları takip ederek müdahalelerinin etkisini değerlendirebilir ve orman yönetimi uygulamalarını iyileştirmek için veriye dayalı kararlar alabilir. Geçmiş veriler, ormanda zaman içinde meydana gelen değişiklikler hakkında değerli bilgiler sağlayarak proje yöneticilerinin geçmiş müdahalelerin etkinliğini değerlendirmesine ve gelecek için bilinçli kararlar almasına olanak tanır.

Veri entegrasyonuna ek olarak, kontrol paneli ve gösterge tablosu mekansal analiz için özellikler de içermelidir. CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) teknolojisi, orman örtüsünü haritalamak, ormansızlaşma veya bozulma alanlarını belirlemek ve insan faaliyetlerinin orman ekosistemi üzerindeki etkisini değerlendirmek için kullanılabilir. Mekânsal analiz araçları, proje yöneticilerinin orman kaynaklarının mekânsal dağılımını görselleştirmelerine ve koruma veya restorasyon çalışmaları için alanlara öncelik vermelerine yardımcı olabilir.

Genel olarak, sürdürülebilir orman yönetimi için projeye özel bir kontrol paneli ve gösterge tablosunun uygulanması, bilinçli karar vermeyi teşvik etmek, müdahalelerin etkinliğini izlemek ve orman kaynaklarının uzun vadeli sürdürülebilirliğini sağlamak için gereklidir. Gerçek zamanlı verileri, geçmiş analizleri, mekansal araçları ve KPI takibini entegre ederek, kontrol paneli ve gösterge tablosu proje yöneticileri, politika yapımcılar ve orman koruma ve yönetim çabalarına dahil olan paydaşlar için değerli bir araç olarak hizmet edebilir.

Proje, bu tasarım ilkelerine bağlı kalarak üst düzey bir sistem vizyonu ile aşağıdaki üç ana sütun üzerine inşa edilmiştir:

I. Uydu / İHA / yer kamerası görüntüleri, sahadaki IoT sensörleri, multispektral kamera entegre Mobil LIDAR sistemi ve çok paydaşlı gereksinimleri yansıtmak ve karşılamak için karar verme sistemi ile entegre edilmiş son teknoloji iletişim ve veri aktarım hizmetlerinin sentezi yoluyla muazzam iklim değişikliğiyle ilgili biyotik ve abiyotik tehditler için bütünsel, çok ölçekli bir dijital ikiz yaklaşımı kurulması amaçlanmaktadır.

II. Anlık rüzgar, sıcaklık, nem, eğim gibi farklı ve heterojen parametreleri/göstergeleri senkronize ederek sürdürülebilir bir orman ortamı bilgi platformu oluşturmak için derin öğrenme tabanlı bir yaklaşımla yönlendirilen yenilikçi bir çoklu sensör entegrasyonu ve iletişim sistemi, yangın indeksi vb. geliştirilmesi hedeflenmektedir.

III. Saha / devriye aracı sensörleri, Uydu / İHA görüntüleri ve orman kontrol merkezleri (FCC) aracılığıyla işletilen web tabanlı hizmetler aracılığıyla gerçek zamanlı ve geçmiş verileri tahmin etmek, izlemek, kontrol etmek ve analiz etmek için birlikte çalışabilir bütünsel bir sistemin kurulması.

Bu üç madde; bu çalışma Dijital İkiz yaklaşımı ile gerçekleştirilecektir. Bu çalışma, olası tehditlerde ilk müdahale süresini kısaltarak biyolojik çeşitliliği ve orman ekosistemini korumak ve kayıplara karşı çok ölçekli çözümler sunmak, analog işlemler yerine bilgi teknolojileriyle etkileşim içinde etkin eylemler gerçekleştirilmesini sağlamak için yeni teknolojik gelişmelerin mevcut teknolojilerle entegre edildiği bir çözüm inşa edecektir.

Bu çalışma Digital Twin, iklim değişikliğine bağlı biyotik ve abiyotik etkilerin neden olduğu öngörülemeyen olayların tahmin edilmesini mümkün kılacaktır. Bu çalışma Dijital İkiz sistemi 4 ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm, erken uyarı amacıyla biyotik ve abiyotik tehditler için yerel ölçekte pilot alanlardaki sentinel ağaçların dinamik verilerini sağlayacak ve yeni sensör entegrasyonu iletişim ve veri iletimi yaklaşımımızla birleştirilen yer sensörlerinden oluşmaktadır. Önerilen erken uyarı sistemi, ikinci bölümün bileşenleri olan sırasıyla küresel ve bölgesel ölçekte uydu ve İHA görüntüleri ile beslenecek ve yapay zeka tabanlı süreçler için veri sağlayacaktır. Üçüncü bölüm, iklim modeli oluşturma ve Mobil LiDAR tabanlı ağaç özellikleri çıkarma sistemleri olmak üzere iki bileşene sahiptir. Karar verme sistemi, bu çalışmanın iklim değişikliğine bağlı olarak biyotik tehditlerin biyolojisi ve kuraklık etkileri üzerindeki öngörülemeyen değişiklikleri öngöreceği olan son bölümdür. Ayrıca, yangın sonrası etkin restorasyon stratejileri ve uygun rehabilitasyon metodolojileri için doğru, yüksek zamansal çözünürlüklü veri altyapısı oluşturulacaktır.

Sonuç

Sürdürülebilir orman yönetimi, iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması ve orman ekosistemlerinin uzun vadeli sağlığının sağlanması için çok önemlidir. Sürdürülebilir orman yönetimini iklim değişikliğine uyum ve azaltım stratejileriyle bütünleştiren iklim-akıllı ormancılık, umut verici bir yaklaşım olarak dikkat çekmektedir. Sürdürülebilir orman yönetimi göstergelerini ekosistem hizmetleriyle birleştirerek ormanların "akıllılığını" değerlendirmek için göstergelerin kullanılmasını içerir. Bu yaklaşım, ormanların iklim değişikliğine uyum sağlama ve iklim değişikliğini hafifletme potansiyelini korumayı ve geliştirmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, birden fazla hedefe yönelik aktif ve çeşitli yönetimi vurgulamakta, orman direncini teşvik etmekte ve orman ekosistem hizmetleri odaklı yönetimi yaygınlaştırmaktadır.

İklim-akıllı ormancılık kavramı, küresel sürdürülebilir yönetim çabalarının kilit bir bileşeni olarak kabul edilen sürdürülebilir orman yönetiminin daha geniş çerçevesiyle yakından bağlantılıdır. Sürdürülebilir orman yönetimi, orman ekosistemleri üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirirken ekolojik faydalarını en üst düzeye çıkarmak için en iyi yönetim uygulamalarının hayata geçirilmesini içerir. Aynı zamanda iklim-akıllı ormancılığın tercih edilen bir uygulaması olarak uzun ömürlü ahşap ürünlerin üretimini de kapsar.

Ancak, sürdürülebilir orman yönetiminin yaygın olarak desteklenmesine rağmen, mevcut orman yönetimi uygulamalarının sürdürülebilirliğe gerçek katkısı konusunda belirsizlikler devam etmektedir. Bu durum, orman yönetim stratejilerinin uzun vadeli etkinliğini sağlamak için sürekli olarak değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi ihtiyacını vurgulamaktadır.

Sonuç olarak, sürdürülebilir orman yönetiminin ayrılmaz bir parçası olan iklim-akıllı ormancılık, iklim değişikliğinin yarattığı zorlukların üstesinden gelmek için umut verici bir yaklaşım sunmaktadır. Sürdürülebilir orman yönetimi göstergelerini iklim değişikliğine uyum ve azaltım stratejileriyle entegre ederek orman ekosistemlerinin direncini artırmayı ve iklim değişikliğinin etkilerini hafifletme potansiyellerini en üst düzeye çıkarmayı amaçlamaktadır.

Kaynakça

- Barros, T., Neto, E., Neto, J., Souza, A., Aquino, V., & Teixeira, E. (2022). The anatomy of iot platforms—a systematic multivocal mapping study. *Ieee Access*, 10, 72758-72772. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3189660>
- Bartniczak, B. and Raszkowski, A. (2018). Sustainable forest management in poland. *Management of Environmental Quality an International Journal*, 29(4), 666-677. <https://doi.org/10.1108/meq-11-2017-0141>
- Bizer, C., Heath, T., & Berners-Lee, T. (2009). Linked data - the story so far. *International Journal on Semantic Web and Information Systems*, 5(3), 1-22. <https://doi.org/10.4018/jswis.2009081901>
- Bröring, A., Schmid, S., Schindhelm, C., Khelil, A., Käbisch, S., Kramer, D., Phuoc, D.L., Mitic, J. & Anicic, D., Teniente, E. (2017). Enabling iot ecosystems through platform interoperability. *Ieee Software*, 34(1), 54-61. <https://doi.org/10.1109/ms.2017.2>
- Fortino, G., Guerrieri, A., Pace, P., Savaglio, C., & Spezzano, G. (2022). Iot platforms and security: an analysis of the leading industrial/commercial solutions. *Sensors*, 22(6), 2196. <https://doi.org/10.3390/s22062196>
- Gao, Y., Lu, D., Li, G., Wang, G., Chen, Q., Liu, L., & Li, D. (2018). Comparative analysis of modeling algorithms for forest aboveground biomass estimation in a subtropical region. *Remote Sensing*, 10(4), 627. <https://doi.org/10.3390/rs10040627>
- Ge, X., Yang, Y., Peng, L., Chen, L., Li, W., Zhang, W., & Chen, J. (2022). Spatio-temporal knowledge graph based forest fire prediction with multi source heterogeneous data. *Remote Sensing*, 14(14), 3496. <https://doi.org/10.3390/rs14143496>
- Ivantsova, E.D., Pyzhev, A.I., Zander, E.V. (2019). Economic Consequences of Insect pests outbreaks in boreal forests: a literature review. <https://cyberleninka.ru/article/n/economic-consequences-of-insect-pests-outbreaks-in-boreal-forests-a-literature-review/viewer>
- Kotlov, I. and Chernenkova, T. (2020). Modeling of forest communities’ spatial structure at the regional level through remote sensing and field sampling: constraints and solutions. *Forests*, 11(10), 1088. <https://doi.org/10.3390/f11101088>
- Lopez, D., Uribe, M., Cely, C., Murgueitio, D., Garcia, E., Nespoli, P., & Mármol, F. (2018). Developing secure iot services: a security-oriented review of iot platforms. *Symmetry*, 10(12), 669. <https://doi.org/10.3390/sym10120669>
- Mi, K., Lee, N., & Park, J. (2017). A security generic service interface of internet of things (iot) platforms. *Symmetry*, 9(9), 171. <https://doi.org/10.3390/sym9090171>
- Mineraud, J., Mazhelis, O., Su, X., & Tarkoma, S. (2016). A gap analysis of internet-of-things platforms. *Computer Communications*, 89-90, 5-16. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2016.03.015>
- Miranda, J., Cabral, J., Wagner, S., Pedersen, C., Ravelo, B., Memon, M., & Mathiesen, M. (2016). An open platform for seamless sensor support in healthcare for the internet of things. *Sensors*, 16(12), 2089. <https://doi.org/10.3390/s16122089>
- Moon, J., Kum, S., & Lee, S. (2019). A heterogeneous iot data analysis framework with collaboration of edge-cloud computing: focusing on indoor pm10 and pm2.5 status prediction. *Sensors*, 19(14), 3038. <https://doi.org/10.3390/s19143038>

Nardis, L., Mohammadpour, A., Caso, G., Ali, U., & Benedetto, M. (2022). Internet of things platforms for academic research and development: a critical review. *Applied Sciences*, 12(4), 2172. <https://doi.org/10.3390/app12042172>

Touati, F., Tariq, H., Al-Hitmi, M., Mnaouer, A., Tahir, A., & Crescini, D. (2018). Iot and ioe prototype for scalable infrastructures, architectures and platforms. *International Robotics & Automation Journal*, 4(5). <https://doi.org/10.15406/iratj.2018.04.00144>

Vagizov, R., Istomin, P., Miheev, L., Potapov, P., & Yagotinceva, V. (2021). Visual digital forest model based on a remote sensing data and forest inventory data. *Remote Sensing*, 13(20), 4092. <https://doi.org/10.3390/rs13204092>

PCB Tasarım İyileştirmesi ile Tam Köprü Topolojisinde IGBT Anahtar Kapanma Geriliminin Azaltılması

Ünal Leblebici, Ali Eren Kocamış

Magma Mekatronik San. ve Tic. A.Ş., Ar-Ge Merkezi, Manisa, Türkiye

unal.leblebici@magmaweld.com

Giriş

İzole kapılı bipolar transistörler (IGBT), yüksek anahtarlama frekansı, yüksek dayanım gerilimi, düşük iletim gerilimi ve anahtarlama devrelerinde kolay sürülebilme avantajlarına sahiptir. IGBT'ler, invertörler gibi yüksek güç uygulamalarında önemli bir rol oynamaktadır. Uygulamada, IGBT anahtarlama hızının yüksek olması nedeniyle kollektör akım düşüş hızı oldukça yüksektir ve bu durum, kollektör ve emiter arasında ani gerilim yükselmelerine neden olur. IGBT'nin belirtilen kollektör-emiter gerilimini aşan ani gerilim yükselmeleri, yarı iletken anahtarın bozulmasına neden olur. Bu durum, invertör devresinin çalışma güvenliğini ciddi şekilde tehdit etmektedir. (Chen, M.; Xiong, Z.; Zhang, Y.; Zhu, E.; Zhao, Y.; Ma, Z. 2023)

Literatürde bu problemin çözümü için 2 yöntem incelenmiştir. Bunlardan birincisi, pasif sönümleyici devre kullanarak ani gerilim yükselmesini absorbe etmektir. Burada etkili bileşen sönümleyici devre kullanılan kondansatördür. Etkili ve basit bir çözüm olsa da hem sistemin kaybını artırmak hem de malzeme listesine yeni bileşen ekletmesi bu yöntemi dezavantajlı kılmaktadır (Kasiran, A.N.; Ponniran, A.; Bakar, A.A.; Yatim, M.H.; Noor, M.K.R.; Jumadri, J.N. 2018). İkinci yöntemde ise geçit direncini artırarak anahtar kapanma esnasında yaşanan ani gerilim yükselmesini azaltma çalışması incelenmiş, bu yöntemin istenen sonucu vermesine karşın anahtarlama kayıplarını artırması nedeniyle yarıiletkenin çalışma performansını olumsuz yönde etkilemektedir (Idir N.; Bausiere R. and Franchaud J.J. 2006).

Bu makale, tam köprü topolojisinde IGBT'lerin kapanma gerilimi artışını azaltmak için PCB tasarım iyileştirmesine odaklanmaktadır. Önerilen tasarım iyileştirmelerinin teorik olarak analiz edilmesi ve deneysel olarak doğrulanması ile elde edilen sonuçlar aracılığıyla önerilen tasarım iyileştirmesinin anahtarlama performansından ödün vermeden kapanma gerilimi artışını etkili bir şekilde azaltabileceğini göstermesi amaçlanmaktadır.

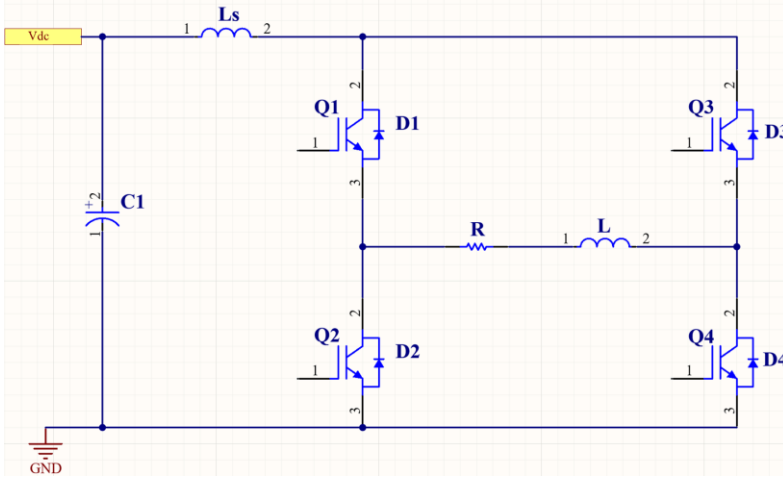
Materyal ve Metot

Tam-Köprü Topolojisi

Tam köprü dönüştürücüler, çeşitli uygulamalar için etkili ve güvenilir güç dönüşümü sağlayarak modern güç elektroniklerinde kritik bir rol oynamaktadır. Tam köprü topolojisi Şekil 1’de görüldüğü üzere; Q1,Q2,Q3,Q4 şeklinde 4 adet H düzeninde konumlandırılan güç anahtarı içerir. Anahtar çiftleri (Q1, Q4) ve (Q2, Q3) sırasıyla iletkenlik gösterir:

- Q1 ve Q4 iletimde iken, Q3 ve Q2 kesimdedir.
- Q3 ve Q2 iletimde iken, Q1 ve Q4 kesimdedir.

Seri bağlı anahtarların aynı anda iletimde olması durumunda ise kısa devre problemi ortaya çıkar ve bu durum anahtarların bozulmasına neden olur. Ayrıca, yük endüktansında depolanan enerji tarafından sürülen yük akımı için yolları sağlamak amacıyla kullanılan D1–D4 olarak gösterilen dört adet diyot bulunmaktadır. Anahtarlama çiftleri ile sağlanan iletim durumuna göre trafoda 2 yönlü olarak akım sürülür. (Gao D. and Sun K. 2015)

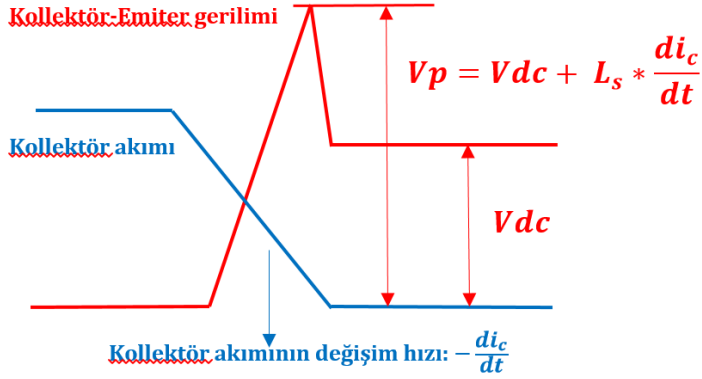


Şekil 1. Tam-Köprü Topolojisi

Anahtar Kapanma Esnasında Oluşan Ani Gerilim Yükselmesi

Şekil 2’de gösterilen ani gerilim yükselmesi, IGBT kollektör akımını iletirken anahtarın kapanması sonucu oluşur. Gerilim yükselmesi, iletimin kesime uğraması nedeniyle oluşan IGBT kollektör akımındaki değişimin $(-\frac{di_c}{dt})$ yanı sıra PCB’de bulunan yol endüktansından (L_s) kaynaklanır. Bu sırada IGBT’ye anlık olarak formül (1)’de belirtilen gerilim (V_p) uygulanır. Bu gerilim değerinin IGBT’nin kollektör-emiter dayanım gerilimini aşması durumunda yarı iletken anahtar kalıcı olarak hasar görür. Hasar görme esnasında çevre bileşenleri de deforme edebilir. Çözüm için PCB’de bulunan yol endüktansı azaltılmalıdır. (IGBT, 2023)

$$V_p = V_{dc} + L_s * \frac{di_c}{dt} \quad (1)$$



Şekil 2. IGBT Anahtar Kapanma Esnasında Oluşan Ani Gerilim Yükselmesi ve Kollektör Akımının Değişimi

Yol Endüktansı

Yol endüktansı, yüksek voltaj ve anahtarlama frekanslarında ani gerilim yükselmelerine sebep olan bir bileşendir. Hesaplanmasında kullanılan formül (2) incelendiğinde 3 temel parametrenin bu endüktansın değer değişiminde etkili olduğu görülmektedir. Uzunluk (l) parametresi, yol endüktansı ile doğru orantılı olup artması durumunda yol endüktansını artırıcı etki göstermektedir. Genişlik (w) ve kalınlık (t) ise yol endüktansı ile ters orantılı olduğundan bu parametrelerin artırılması yol endüktansını azaltıcı etki gösterecektir. (Terman F.E. 1943)

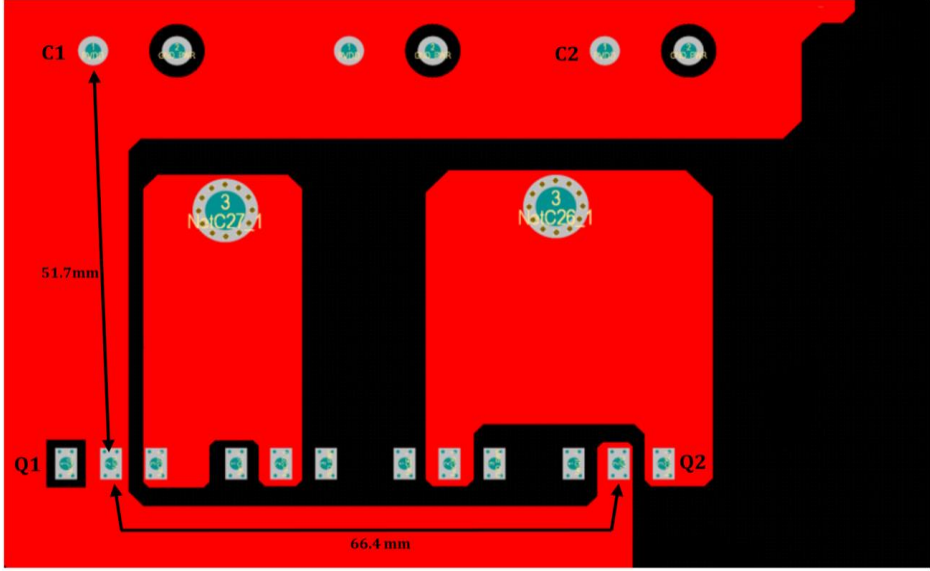
$$L_s = 2 * 10^{-3} * l \left[\left(\frac{2 * l}{w + t} \right) + 0.5 + 0.2235 \left(\frac{w + t}{l} \right) \right] (\mu H) \quad (2)$$

l: uzunluk (cm)

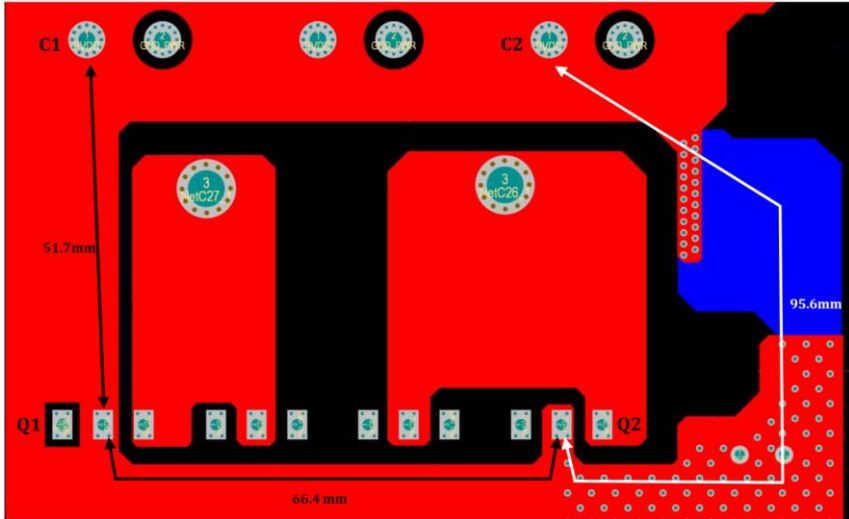
w: genişlik (cm)

t : kalınlık (cm)

Bulgular ve Tartışma



Şekil 3. PCB Tasarım İyileştirme Öncesi

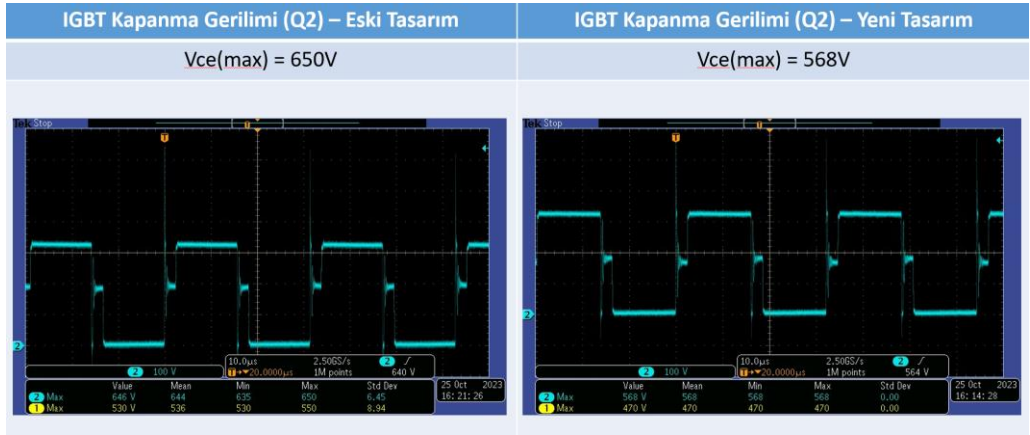


Şekil 4. PCB Tasarım İyileştirme Sonrası

Tablo 1. PCB Tasarım İyileştirme Öncesi/Sonrası – Yol Endüktansı Kıyası

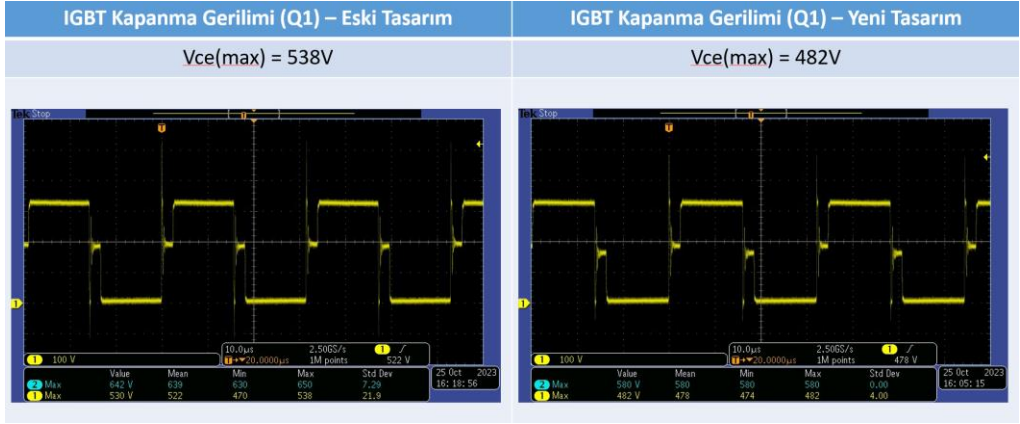
PCB Tasarım İyileştirmesinden Önce		PCB Tasarım İyileştirmesinden Sonra	
L(cm)	11,81	L(cm)	9,56
W(cm)	3,40	W(cm)	6,12
A(mm ²)	4010,44	A(mm ²)	5846,45
H(mm)	0,105	H(mm)	0,105
Yol Endüktansı(nH)	58,47	Yol Endüktansı(nH)	33,81

Yol Endüktansı Değişimi: %42.17



Şekil 5. PCB Tasarım İyileştirme Öncesi/Sonrası – IGBT(Q2) Kapanma Gerilimi Kıyası (volt/div:100V - time/div:10us)

IGBT(Q2) Kapanma Gerilimi Değişimi: %12.6



Şekil 6. PCB Tasarım İyileştirme Öncesi/Sonrası – IGBT(Q1) Kapanma Gerilimi Kıyası (volt/div:100V - time/div:10us)

IGBT(Q1) Kapanma Gerilimi Değişimi: %10.4

Bu çalışmadaki bulgular, tam-köprü topolojisindeki IGBT kapanma gerilimini azaltma hedefiyle yapılan PCB tasarım iyileştirmelerinin etkili bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır. Bulgularımız, iyileştirilmiş PCB tasarımının, IGBT (Q1)’de kapanma anındaki ani yükselme gerilimini %10,4 oranında ve IGBT (Q2)’de %12,6 oranında azaltarak bu sorunu çözmeye etkili olduğunu göstermektedir. Bu durumu sağlayan ana etken olarak yol endüktansındaki %42,17’lik düşüşün rol oynadığı tespit edilmiştir.

Bu yaklaşımın diğer yöntemlere göre avantajları da göz önüne alındığında, sistem güvenilirliğini artırmak ve IGBT ömrünü uzatmak için basit ve uygun maliyetli bir çözüm sunması büyük bir önem taşımaktadır. Bu, devreye herhangi bir malzeme eklemeye gerek olmaksızın elde edilen pratik çözümlerle, elektronik tasarım uygulamalarında çeşitli avantajlar sağlamaktadır.

Ayrıca, bu çalışmanın sunduğu sonuçlar, güç elektroniği sistemlerinin dayanıklılığını ve verimliliğini artırmak isteyen mühendisler ve araştırmacılar için önemli bir rehberlik yapmaktadır. Gelecekteki çalışmalara yönelik beklentiler çerçevesinde, tam-köprü topolojisinin getirdiği zorlukları aşmak adına bu topoloji temel alınarak yapılan yarı iletken seçiminde ilgili anahtarlama elemanının teknik dokümanında yer alan parametrelerin (Eon/Eoff, ton delay/toff delay) anahtar kapanma gerilimine olan etkisi daha detaylı bir şekilde araştırılabilir. Elde edilen çıktılar kullanılarak komponent seçiminde topoloji kullanımına uygunluğu belirlemek amacıyla bir araç geliştirilebilir. Bu, gelecekteki benzer çalışmalar için değerli bir temel oluşturabilir ve güç elektroniği alanındaki tasarım ve optimizasyon süreçlerine katkıda bulunabilir.

Kaynakça

Chen, M.; Xiong, Z.; Zhang, Y.; Zhu, E.; Zhao, Y.; Ma, Z. (2023). IGBT Overvoltage Protection Based on Dynamic Voltage Feedback and Active Clamping. Appl. Sci., 13(795).

Gao D., Sun K. (2015). DC-AC inverters. In: Rashid M.H. (editor). Electric Renewable Energy Systems, London, UK, pp. 354-381. ISBN 978-0-1280-4448-3 (Print)

Iğir N.; Bausiere R. and Franchaud J.J. (2006). Active gate voltage control of turn-on di/dt and turn-off dv/dt in insulated gate transistors, in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 21, no. 4, pp. 849-855, July 2006, doi: 10.1109/TPEL.2007.876895.

IGBT (2023). How can I provide protection against the surge voltage generated by the turn-off of an IGBT? Erişim adresi: https://toshiba.semicon-storage.com/ap-en/semiconductor/knowledge/faq/mosfet_igbt/igbt-015.html [Erişim tarihi: 24 Kasım 2023]

Kasiran, A.N.; Ponniran, A.; Bakar, A.A.; Yatim, M.H.; Noor, M.K.R.; Jumadri, J.N. (2018). Implementation of Resonant and Passive Lossless Snubber Circuits for DC-DC Boost Converter. Int. J. Eng. Technol. 2018, 7, 246–252.

Terman F.E. (1943). Radio Engineers’ Handbook, New York and London, UK, 51 s. ISBN 0-07063-630-3

3 Katmanlı Mimari ile Yapay Zeka Tabanlı Kişi Sayma ve Yüz Tanıma

Vahab Mostafapour, İlhan Kaya

Vestel Electronics AR-GE Merkezi, Manisa, Turkey

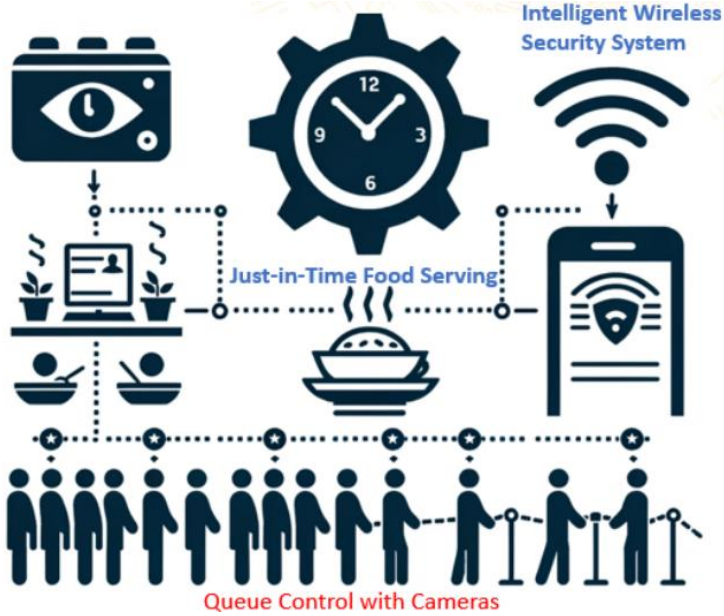
ilhan.kaya@vestel.com.tr

vahab.mostafapour@vestel.com

Giriş

Belirli bir alandaki bireylerin sayısını tahmin etmek için kameraların kullanıldığı kişi sayma ve yüz tanıma modelleri son yıllarda önemli bir ilgi görmüştür. Bu modeller, kalabalık seviyelerinin izlenmesi, insan trafiği örüntülerinin değerlendirilmesi ve güvenlik önlemlerinin geliştirilmesi gibi çeşitli amaçlara hizmet etmektedir. IEOt projesi kapsamında kuyruk kontrolü, duygu tespiti, siber saldırılar gibi işlemler yoluyla zincirli restoranlarda müşteri memnuniyetini artırmak ve atık yönetimi için kablosuz güvenlik analiz modeli yanında kişi sayma ve yüz tanıma modelleri tasarlanmıştır. Bu bölümün devamında bu çalışmanın ana kaynağı olan IEOt projesi ve ilgili kullanım durumu tanıtımı, yanında kullanılmış olan kavramlar, ve araçlar da tanımlanmaktadır. IEOt, AB araştırma kumelerinin biri olan Celtic-Next altında yürütülen IoT tabanlı uluslararası bir ArGe projesidir. Atık yönetimi, gıda sektöründe özellikle zincir restoranlarda, işletmenin başarılı bir şekilde devam etmesi için büyük öneme sahip olan bir faktördür. IEOt projesinde, atık yönetimi için yapay zeka tabanlı bir çözüm önerilmektedir. Bu önerilen çözüm, müşteri memnuniyetini artırmak amacıyla da kullanılmaktadır. Bu bağlamda, üç farklı alt senaryo önerilmiştir ve Şekil 1, bu senaryoları görsel olarak yansıtmaktadır.

Bu araştırma, atık yönetimi kullanım durumunun "Kameralarla Kuyruk Kontrolü" alt senaryosuna odaklanmıştır. Atık yönetimi kullanım senaryosu, zincir restoranlarda müşterilerin yemek siparişi için oluşturulan kuyrukların yönetilmesi, çalışan sayısı ve gıda hazırlıklarının yönetimi ile hizmet kalitesi ve müşteri memnuniyetinin artırılması ve atığın en aza indirilmesi hedeflemektedir. Bu bağlamda, kameralarla kontrol edilen yapay zeka tabanlı bir kuyruk yönetim sistemi oluşturma senaryosu tanımlanmıştır. Bu çalışma kapsamında, bu alt senaryonun uygulanması için IoT tabanlı üç katmanlı bir mimari kullanılmıştır. Müşteri sayımı ve takibi ile Yüz tanıma sistemlerinin mimarisi ve geliştirmesi bu mimari çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Bu sistemlerin geliştirilmesi sürecinde OpenCV, Google ML-Kit, TensorFlow, Darknet, FaceNet gibi çeşitli açık kaynaklı hizmetler ve araçlar kullanılmıştır.



Şekil 1. Atık Yönetim Kullanım Durumu ve Senaryoları (IEoT projesi) (Anon., 2023d)

Materyal ve Metot

Bu çalışma sırasında aşağıdaki açık kaynak kütüphaneler kullanılmıştır:

OpenCV (Open source computer vision): OpenCV, görüntü işleme ve makine öğrenimi için kullanılan açık kaynaklı bir kütüphanedir. C++, Python ve Java gibi çoklu programlama dillerinde kullanılabilir ve gerçek zamanlı işlemlerde oldukça önem taşımaktadır. yüz tanıma, nesne tespiti, insan hareketi analizi, kamera hareketi takibi, görüntü karşılaştırması ve optik karakter tanıma gibi birçok uygulamada kullanılmaktadır (Anon., 2023a).

Google ML-Kit: Google ML-Kit, mobil geliştiricilerin uygulamalarına makine öğrenimi yeteneklerini eklemelerini kolaylaştıran ve çeşitli fonksiyonları barındıran bir mobil SDK'dır. Konturlarla birlikte yüzleri ve yüz işaretlerini tespit etmek (Face Detection), kameradaki ve statik görüntüdeki nesnelere algılamak, izlemek ve sınıflandırmak (Object Detection and Tracking) bu SDK'nın fonksiyonlarından bazılarıdır. Bu çalışmada ise ML-Kit resimlerdeki yüz kısmını ayırt etmek ve karşılaştırma için saklamak amacıyla kullanılmıştır (Anon., 2023b).

TensorFlow: TensorFlow, Google AI tarafından geliştirilen açık kaynaklı bir makine öğrenimi kütüphanesidir ve Google Brain ekibi tarafından geliştirilmiştir. 2015 yılında ilk olarak GitHub'da açık kaynak olarak yayınlanmış olan TensorFlow, yapay sinir ağları, makine öğrenimi ve derin öğrenme için kullanılan bir araçtır. Bu araç makine öğrenimi modellerini oluşturmak, eğitmek ve dağıtmak için kullanılmaktadır. C++, Python, Java ve Go gibi çoklu programlama dillerinde kullanılabilen bu araç, görüntü işleme, doğal dil işleme, ses tanıma, robotik, tıbbi görüntüleme ve finansal modelleme dahil olmak üzere çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır (O'Reilly, 2017).

FaceNet: FaceNet, yüz tanıma alanında önemli bir gelişme olarak kabul edilmektedir. Bu sistem, 2015 yılında IEEE Bilgisayarlı Görü ve Örüntü Tanıma Konferansı'nda tanıtılmıştır ve Google'a bağlı bir araştırma grubu olan Florian Schroff, Dmitry Kalenichenko ve James Philbin

tarafından geliştirilmiştir. Yüz tanıma, doğrulama ve kümeleme gibi görevler için etkili bir mimari sunan bu sistem, yüz görüntülerini derin bir evrişimli sinir ağı (CNN) kullanarak 128 boyutlu bir özellik vektörüne dönüştürmektedir. Elde edilen bu özellik vektörleri, yüzlerin benzerliklerini ölçmek amacıyla kullanılabilir (Schroff ve ark., 2015).

DarkNet: DarkNet, C ve Python dillerinde yazılmış, Joseph Redmon tarafından geliştirilen açık kaynaklı bir nesne algılama kütüphanesidir. Özellikle gerçek zamanlı nesne algılama için tasarlanmış olan bu kütüphane, yüksek doğruluk oranıyla dikkat çekmektedir (Redmon ve Farhadi, 2016)..

TensorFlowLite: TensorFlowLite, Google tarafından geliştirilen bir açık kaynaklı kütüphanedir. Bu kütüphane, mobil cihazlar, gömülü sistemler ve IoT cihazlarında makine öğrenimi modellerinin çalıştırılması için tasarlanmıştır. TensorFlowLite, aslında TensorFlow'un mobil cihazlar için optimize edilmiş bir sürümü olarak düşünülebilir. Bu sürüm, TensorFlow'un tüm özelliklerini desteklemese de, temel makine öğrenimi görevlerini başarıyla gerçekleştirebilmektedir. Bu görevler arasında nesne tespiti, yüz tanıma, resim sınıflandırma gibi görüntü işleme işlemleri yer almaktadır. Ayrıca, TensorFlowLite mobil cihazlar, gömülü sistemler ve IoT cihazları gibi farklı platformlarda kullanılmak üzere tasarlanmış ve bu cihazlara makine öğrenimi modellerinin dağıtılmasını mümkün kılmaktadır (Anon., 2023c).

Android Studio: Android Studio, Google tarafından geliştirilmiş olan, Android uygulamalarının geliştirilmesi için kullanılan ve Java, Kotlin ve C++ gibi dilleri destekleyen bir tümleşik geliştirme ortamıdır (IDE). Android Studio, Android SDK ve Android Gradle Plugin ile birlikte gelen entegre geliştirme ortamı, kullanıcılara uygulama içinde yapay zeka modellerini uygulayabilme yeteneği sunmaktadır. Bu özellik sayesinde, geliştiriciler Android uygulamalarında yapay zeka teknolojilerini kullanma konusunda kolaylıkla ilerleyebilmektedirler.

Nesne algılama algoritması: Videolar üzerindeki kişi sayma sistemi, nesne algılama ve takip gibi önemli modülleri bünyesinde barındıran bir yapıya sahiptir. Son yıllarda, R-CNN ve Fast R-CNN gibi çift aşamalı yöntemler ile SingleShot ve YOLO gibi tek aşamalı yaklaşımlar gibi çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir (Girshick, 2015; Zhishuai ve ark., 2018). Bu algoritmaların seçimi, kullanılan uygulamanın amacına bağlı olarak, doğruluk ve işlem hızı gibi çeşitli performans ölçütlerini göz önünde bulundurmaktadır. Ancak, özellikle gerçek zamanlı videoların analiz edilmesi söz konusu olduğunda, hız faktörü çok daha önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, algoritmanın saniyede kaç kare analiz edebildiğini gösteren ve FPS (Frame per Second - Saniyede Kare) olarak adlandırılan ölçütün temel alınması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada her karedeki tüm kişilerin tanınması için ince ayar gibi modifikasyon işlemleri uygulanmıştır. Kullanıcılar, mobil uygulamaları kullanırken sadece görüntülü görüşme gibi işlemler yapmakla kalmayıp aynı zamanda yüz tanıma işlemlerini de gerçekleştirebilmektedirler. Yüz tanıma işlemi, kullanıcının bir görüntüsüyle başlar ve bu görüntü önce ML-Kit tarafından tespit edilerek yüz bölgesi belirlenir.

YOLO: YOLO (You Only Look Once), tek seferde bir görüntüyü analiz ederek nesne tespiti yapmak için derin öğrenme temelli bir algoritmadır. Diğer birçok algoritmadan farklı olarak, görüntüyü tekrar tekrar tarayarak çalışmak zorunda olmadığından dolayı bu yöntem öne çıkar. Bu özelliği, YOLO'nun gerçek zamanlı uygulamalarda ideal olmasını sağlar ve nesne tespitini hızlı bir şekilde gerçekleştirebilmesine imkan tanır. Bu araştırma çalışması kapsamında, YOLO bir video kareleri üzerinde çalışabilen bir hizmete entegre edilmiştir (Redmon ev ark., 2016).

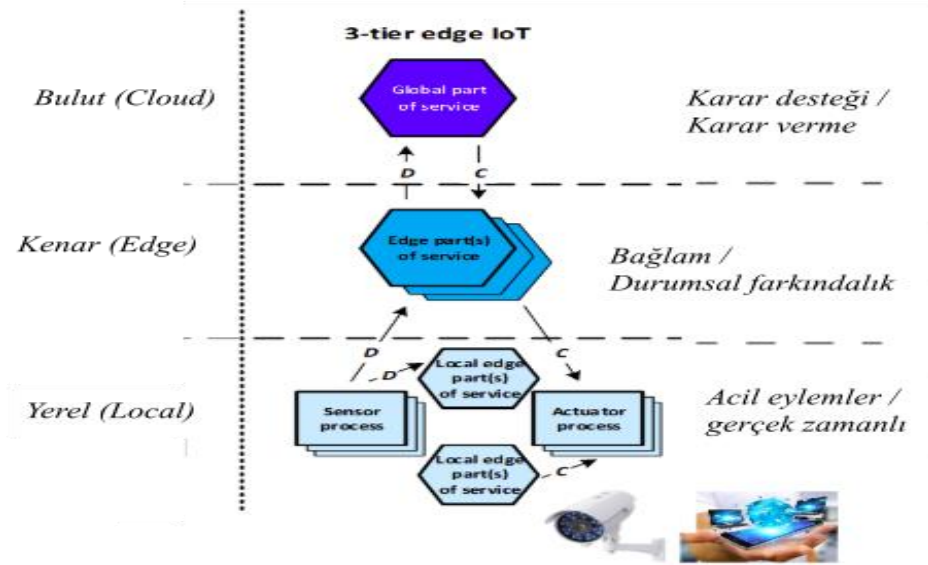
Belirli bir alandaki bireylerin sayısını tahmin etmek için kameraların kullanıldığı kişi sayma ve yüz tanıma modelleri son yıllarda önemli bir ilgi görmüştür. Bu modeller, kalabalık

seviyelerinin izlenmesi, yaya trafiği düzenlerinin değerlendirilmesi ve güvenlik önlemlerinin geliştirilmesi dahil olmak üzere çeşitli amaçlara hizmet eder. IEOt projesi kapsamında kişi sayma ve yüz tanıma modelleri ile kablosuz güvenlik analiz modeli, restoran atığını yönetmek ve kuyruk kontrolü, duygu tespiti, siber saldırılar vb. işlemler yoluyla müşteri memnuniyetini artırmak için tasarlanmıştır. Ancak güvenlik analizi, yüz tanımlama ve kişi sayma modellerinin kullanımı, bireylerin hareketlerini takip etmek ve hassas kişisel bilgileri toplamak için kullanılabilirdiğinden gizlilikle ilgili kritik endişeleri artırmaktadır. IEOt projesi kapsamında bu endişeler de göze alınarak üç katmanlı bir mimari tasarlanıp uygulanmaktadır. Bu bildiri ise kişi sayma ve yüz tanıma işlemlerine odaklanmaktadır.

Üç katmanlı mimari

Bu çalışma kapsamında, üç katmanlı bir mimari oluşturulmuştur. Gecikme (Latency), Hesaplama gücü (Computational power) gibi üç önemli faktör, bu mimarinin tasarımında ve ilgili bileşenlerin hangi katmanda yer alacağını belirlemek için dikkate alınmıştır.

Şekil 2, üç katmanlı mimarinin katmanlarını ve bileşenlerini açıklamaktadır. Bu katmanlar, Yerel (local), Kenar (Edge) ve Bulut (Cloud) katmanları olarak adlandırılmaktadır. Yerel katmanlar kullanıcı cep telefonu ve kameralardan oluşan katmandır. Bu cihazlar en hassas ve özel ve videolar gibi hacim verileri ve komponentleri içermektedir. İkinci katman ise Kenar katmanıdır. Yerel sunucular ve restoran şubeleri, bu katmanda yer alan öneri modellerine ev sahipliği yapmaktadır. Bu katman, yerel işlemleri gerçekleştirerek yerel tahmin modellerinin çalışmasını sağlar ve verileri tutarak güvenlik ve mahremiyetin sağlanmasının yanı sıra, işlemlerin Bulut katmanına aktarılmasından kaynaklanan iş yükünü azaltarak analiz maliyetini düşürmektedir.

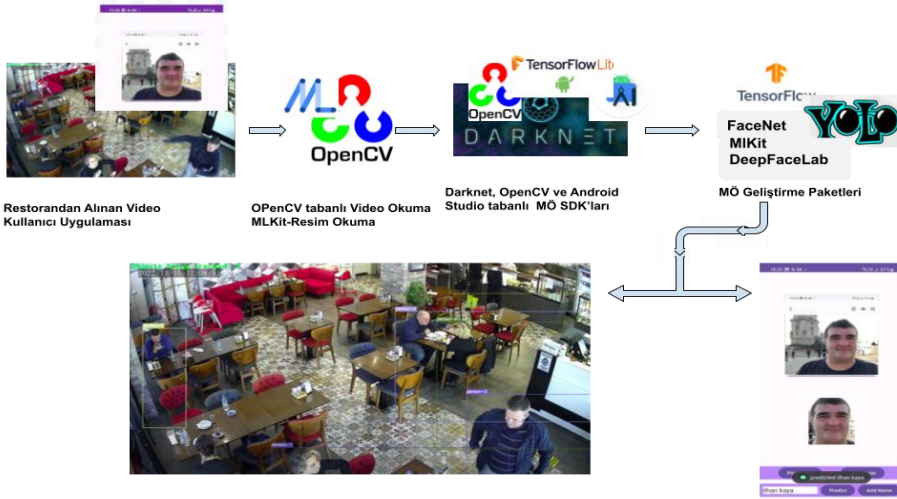


Şekil 2. 3-katmanlı mimari (IEoT projesi) (Anon., 2023d)

2.2. Video Analiz Hattı

Video analiz hattı, atık yönetimi kullanım durumunun gerçekleşmesi için kişi sayma, müşteri sayımı ve takibi, kuyruk yönetimi ve yüz tanımlama operasyonlarının gerçekleşmesini sağlayan bir hattır. Bu operasyonların uygulama seviyesinde gerçekleştirebilmesi için bu çalışma kapsamında IEO T projesinin 3 katmanlı mimarisini de göze alarak bir video ve resim analiz hattı tasarlanıp uygulanmıştır. Şekil 4. Bu analiz hattını ve içerdiği yazılım araçları ve fonksiyonlarını göstermektedir.

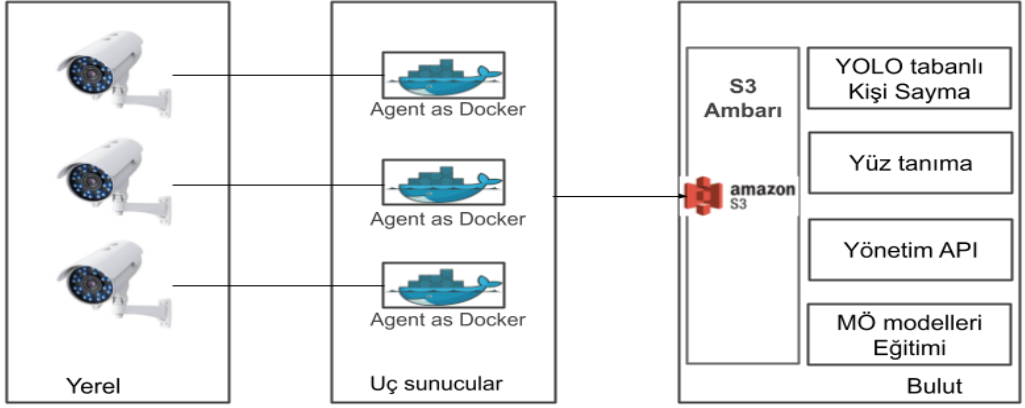
Video analiz hattı esas olarak gerek kayıtlı videolar gerek canlı videolar için çalışabilen bir analiz hattıdır. Bu hatta ilk olarak girdi videosunu okunabilmesi ve ardından makine öğrenme algoritmaların çalışabilmesi için videoları framelere ayırmaktadır. Bu hatta bu işlemler için video girdiler için OpenCV’den destek alınmıştır. Mobil uygulamalarında ise girdi resimleri Google ML-Kit aracılığıyla okunmaktadır. Her frame daha sonra bir nesne algılama algoritmasına bir girdi olarak aktarılmaktadır. Darknet nesne algılama algoritmaları için bir ortam hazırlamaktadır. Nesne algılama algoritması için bu çalışmada YOLO versiyon 4 kullanılmıştır. Günümüzde yaygın olan bir çok nesne algılama algoritması bulunsa da bu çalışmada video analizinde en hızlı olan YOLO algoritmasının kullanılmasına karar verilmiştir. Nesne algılama işlemi video akışları üzerinde uygulanmıştır ve kişileri daha yüksek doğruluk ile bulabilmesi için de bir takım modifikasyonlar yapılmıştır. YOLO’nun seçilmesinin nedenleri ise, YOLO’nun doğruluk ölçüsünde hala son teknoloji tespit sistemlerinin gerisinde kalmasına rağmen video akışları üzerinde son derece hızlıdır ve diğer gerçek zamanlı sistemlere göre ortalama kesinlik (mean average precision) ölçüsüne göre iki katından fazla başarılıdır. Ayrıca YOLO nesnelerin genelleştirilebilir temsillerini öğrenme kabiliyetine sahiptir (Redmon ve ark., 2016).



Şekil Şekil 3. Video Analiz Hattı

Kişi Sayma

Şekil 4 Yerel, uç ve bulut katmanlarından oluşan 3 katmanlı kişi sayma sistemin mimarını göstermektedir. Video analizlerinin gerçek zamanlı olarak işlenmesiyle ham görüntüleri ve restoran videoları, ve kullanıcı bilgileri gibi daha hassas ve hacim veriler yerel kısımda yer almaktadır.



Şekil 4. Kameralarla Kuyruk kontrolü- 3 katmanlı mimari (IEoT projesi) (Anon., 2023d)

Uç bilişim ise önceden işlenmiş verileri ve tahmin modellerini barındırır. Bu modeller bir restoran şubesi içinde kuyruk yönetimi ve gıda yönetimi ve hizmet kalitesi analizi gibi yerel karar işlemlerinde rol oynamaktadır. Burada amaç, önceden işlenmiş bu verilerden gerekli bilgi ve içgörüler elde etmektir. Bulut bilişim kısmı, verilerin daha uzun süre saklandığı yerdir ve diğer uç düğümler ile uç bilişim cihazları arasındaki yönetim de bulut bilişim kısmında ele alınır. Dolayısıyla bu katman yalnızca tamamen anonimleştirilmiş verilere erişebilir.

Yüz tanıma

Bu çalışma kapsamında yüz tanıma servisi restoranda çalışanlar ile müşterileri ayırt etme, uzaktan mobil veya web üzerinden erişen müşteri profilini tanıma ve müşterilerin yüz ifadesini algılama gibi farklı amaçlar için tasarlanmış bir servistir. Bu servis gerek restorandan gelen videolar (video framleri) üzerinde gerek mobil gibi uç cihazlardan gelen müşteri profili gibi görüntüler üzerinde çalışabilmektedir. Ayrıca, bu çalışmada yüz algılama sistemleri hem web tabanlı hem de cep telefonu uygulaması üzerinde uygulanmıştır.

Web tabanlı bir hizmet olan yüz tanıma servisi, restoran videolarının yüz algılama işlemleri için öncelikle OpenCV kullanılarak videodan kareler (frame) oluşturur. Daha sonra her bir kare ya da görüntü üzerinde bulunan kişilerin insan olduğu, YOLO aracıyla algılanır. İnsan olarak algılanan her nesnenin, yani kişinin yüz kısmı ise yüz tespit aracı olan Face Detection ile ayrıştırılıp kaydedilir. Bu bilgiler, üst veri olarak saklanırken, çıktı videolarının üzerine etiket olarak eklenir.

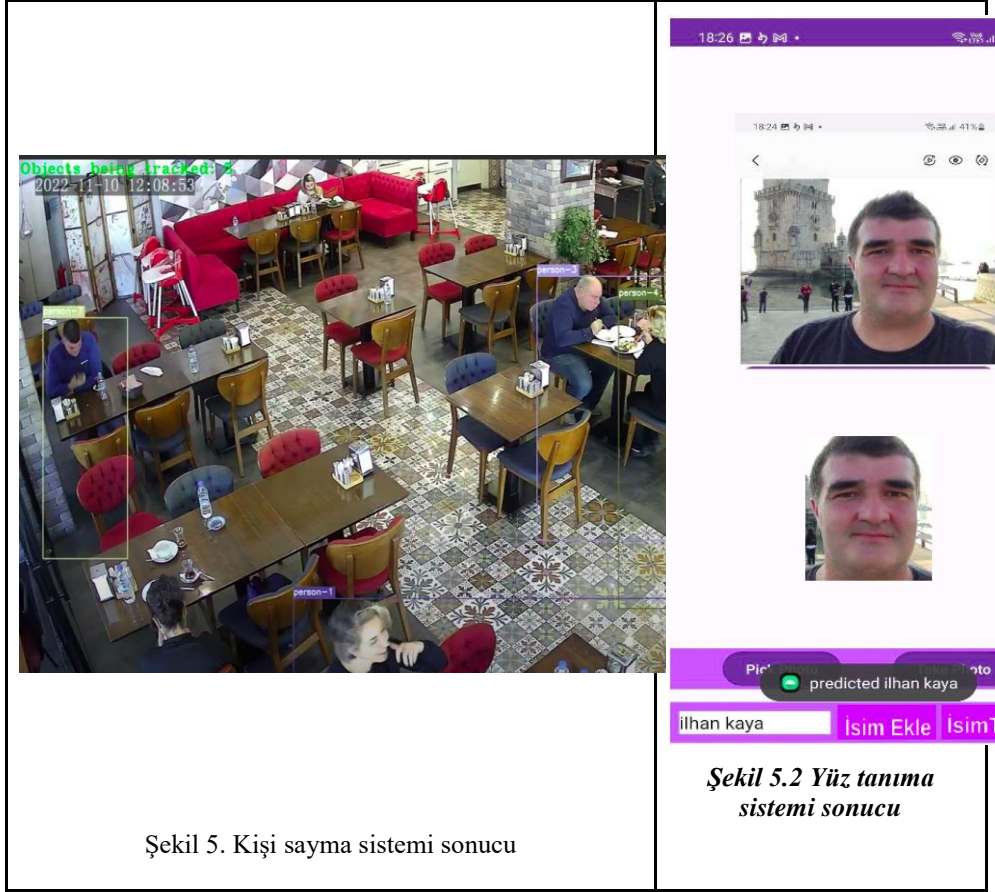
Uygulama tabanlı yüz tanıma servisi mobil gibi uç cihazlar ve müşteri cihazları üzerinde de çalışmaktadır. Bu servis ilk önce bir video framinden veya müşteri müşteri profilinden gelen görüntüyü ML-Kit servisi ile yüz kısmı tanımlanıp ayrılır. Ardından bu yüz görüntüsü FaceNet önceden eğitilmiş modeli ile gömülü matrise dönüştürülür. Bu çalışma kapsamında geliştirilmiş olan android uygulaması iki ayrı alt modula ayrılmıştır. Hizmet veren modül yeni kişileri veritabanına eklenir ve tanımlanırken diğer modül ise videolar veya görüntülerden kişi yüzünün kime ait olduğunu tahmin eder ve kişiyi tanımlar. Örneğin müşteri profili üzerinden bir sipariş geldiğinde sipariş hazırlandıktan sonra kime ait olduğunu kişileri tahmin ederek bulur. Kişilerin tahmini için yüz verilerinin gömülü matrislerini kosinüs benzerlik yöntemi ile

hesaplanmaktadır. Yüz tanıma sistemi ayrıca müşterilerin yüz ifadesini tahmin etme amacı için de kullanılmaktadır.

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada gerçekleştirilmiş olan kişi sayma ve yüz tanıma sistemlerinin uygulamalarını sonucu Şekil 5.1 ve 5.2 de görünmektedir. Kişi sayma sistemi sonuçları hem veri tabanını güncelleme işlemini yapmaktadır hem daha iyi algılanabilmesi için çıktı videolarının üzerinde etiketlenmektedir. Video üzerinde görsel olarak hem kişilerin etrafında kutu hem etiket yansıtılmaktadır. Bu kişilerin hareket ettiği durumda da sistem takiplerini yapma kabiliyetine sahiptir. Aynı zamanda toplam kişi sayısı da anlık olarak ekrana yansıtılmaktadır. Bizim çalışmalarımızın sonucunda deneme sürecinde toplam 600 kişi ekrana yansıtılmıştır. Bu 600 kişiden sistem 575 doğru tahminde bulunarak kesinlik değeri üzerinde %95 başarı elde etmiştir. Başarısız durumlar ise kişinin kamerada çok uzak bir konumda oturuyor şekilde olması veya ışık yansımaları etkisinde kalması olarak tespit edilmiştir.

Yüz tanıma sistemi ise bu çalışma kapsamında android uygulaması üzerinde gömülmüştür. Android uygulamaları hem kullanıcı cihazına yüklenmekte hem de restoran yönetim cihazında paralel bir şekilde çalışmaktadır. Uygulamaların her ikisinde de kişi tanımlama kabiliyetine sahiptir. Kullanıcı uygulamasında kullanıcı profilini kayıt aşamasında sunucuya göndererek tanımlanıp veri tabanı güncellenir. Benzer bir şekilde restoran yerel sisteminde de yönetici tarafında gerek çalışanlar herkes yeni müşterilerin yüzü sisteme tanımlanır. Tespit aşamasında ise sadece restoran sistemleri ve cihazları müşteri yüzlerini kendi veri tabanındaki kişiler ile karşılaştırarak kişiyi tespit ederler. Çalışmalarımızın deneme aşamasında ise kişinin ilk başta girilen veya çekilen görüntüde %93 başarı ile ML-Kit tarafından yüz kısmi tespit edilip kayıt aşamasına geçmiştir. Tespit aşamasında ise çekilen görüntünün kalitesine göre farklı başarılar göstermiştir. Videolardan çekilen görüntülerde başarı 70% civarındayken telefon kameralarından çekilen görüntülerde başarı oranı 85% in üzerinde başarı kaydetmiştir.



Şekil 5. Kişi sayma sistemi sonucu

Şekil 5.2 Yüz tanıma sistemi sonucu

Kaynakça

Anon. (2023a). OpenCV.org. <https://opencv.org/>

Anon. (2023b). Google Developers. <https://developers.google.com/ml-kit>

Anon. (2023c). TensorFlow.org. <https://www.tensorflow.org/lite>.
doi:10.1145/3531029.3531036

Anon. (2023d). <https://www.celticnext.eu/project-ieot/>

O'Reilly, J. (2017). TensorFlow for beginners: A practical guide to building and deploying machine learning models with TensorFlow. O'Reilly Media.

Girshick, R.B. (2015). Fast R-CNN. CoRR, abs/1504.08083

Redmon, J., Farhadi, A. (2016). Darknet: Open source neural network framework. arXiv preprint arXiv:1507.06796.

Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 779-788).

Schroff, F., Kalenichenko, D., Philbin, J. (2015). FaceNet: A unified embedding for face recognition and clustering. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (pp. 815-823).

Zhishuai, Z., Qiao, S., Xie, C., Shen, W., Wang, B., Alan, L. Yuille. "Single-shot object detection with enriched semantics." In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pp. 5813-5821. 2018.

Ani Kapama Vana Sistemlerinde Kullanılan Yayların Bilgisayar Destekli Tasarımı ve Deneysel Geliştirilmesi

Yiğit Şendur, Erhan Özkan, Berna Gül

Dikkan, Ar-Ge Merkezi, İzmir, Türkiye
yigit.sendur@dikkan.com, erhan.ozkan@dikkan.com, berna.gul@dikkan.com

Giriş

Akışkanlarla çalışan bir makine elemanı olan vana, akışkanın hareketini, yönünü, miktarını, basıncını veya sıcaklığını değiştirmek için kullanılır. Vana, boru hatlarında akışkanı durdurmak, yol vermek veya ayarlamak amacıyla da takılabilir. Petrol nakil hatlarında basit musluklardan karmaşık servo sistemlere kadar çok çeşitli vana tipleri vardır. Vanaların akış kontrol şekillerine göre üç ana sınıfı vardır: kapama vanaları, kısma ve kontrol vanaları ve emniyet vanaları (Kavurmacıoğlu, 2003).

Akışkan mekaniği, akışkanların mekanik özelliklerini, davranışlarını, kuvvet iletiminde nasıl kullanıldıklarını, akışkanların hareketinin ve kontrolünün nasıl sağlandığını araştıran bir bilim dalıdır. Akışkan mekaniği hidrolik ve pnömatik olarak ikiye ayrılır. Hidrolikte, yağ ve su gibi yoğun akışkanlar enerji iletiminde kullanılır. Pnömatikte ise, hava gibi sıkıştırılabilir bir akışkan kullanılır. Sıvılar ise sıkıştırılmaz kabul edilir. Hidrolik ve pnömatik sistemler, endüstriyel ve otomasyon alanlarında geniş bir uygulama alanına sahiptir. Pnömatik sistemler, ekonomik, temiz, güvenli ve basit yapıları nedeniyle sıkıştırılmış hava ile güç iletimini tercih edilen bir yöntem haline getirmiştir (Akyazı ve Çokrak, 2011). Hidrolik, su ve boru kavramlarını ifade eden Yunanca hydro ve aulos sözcüklerinden oluşmuştur. Hidrolik, günümüzde akışkanlar vasıtasıyla kuvvet ve hareketin iletilmesi ve kontrol edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Hidrolik ve hidrolik sistemler, mühendislik içeren tüm sistemlerde kullanılmaktadır. Enerji iletimi için akışkan olarak genelde madensel yağlar tercih edilir. Bunun yanında sentetik akışkanlar, su ve yağ-su karışımları da kullanılabilir. Hidrolik sistem, elektrik motoru tarafından çalıştırılan hidrolik pompayla akışkanın belirlenmiş basınç ve debide pompalandığı ve bu hidrolik enerjiyle doğrusal, dairesel ve açılabilir hareketin sağlandığı sistemdir (Demirel, 2013; Kutlu ve Büyüksavcı, 1999).

Pnömatik, Yunanca kökenli bir terimdir ve pneuma (hava, rüzgâr) anlamına gelir. Hava enerjisi, diğer enerji türlerine kıyasla daha az yer kaplayan, daha hızlı elde edilen ve daha ucuz olan bir enerji türüdür. Son zamanlarda, bu enerji türünün özellikleri değiştirilerek farklı amaçlar için kullanılmaya başlanmıştır. Hava, atmosferde bolca mevcuttur. Hava, uygun yöntemlerle atmosferden alınabilir, depolanabilir, basınçlandırılabilir ve tekrar atmosfere geri verilebilir. Havanın atmosferde çokça bulunması, maliyetinin düşük olmasını sağlar. Havanın kullanım hızı da çok yüksektir. Basıncı hava, bir enerji kaynağı olarak çok eski zamanlardan beri kullanılmaktadır. Havanın endüstriyel alanlarda yaygın olarak kullanılması ise 1950’li yıllarda başlamıştır. Endüstride, iş parçalarının sıkıştırılması, gevşetilmesi, hareket ettirilmesi, doğrusal ve dairesel hareketlerin sağlanması gibi çeşitli işlemler için pnömatik sistemler kullanılır. Pnömatik sistemler, diğer sistemlere göre daha hızlı ve ekonomik çözümler sunabilmektedir (Akkaya vd., 2005).

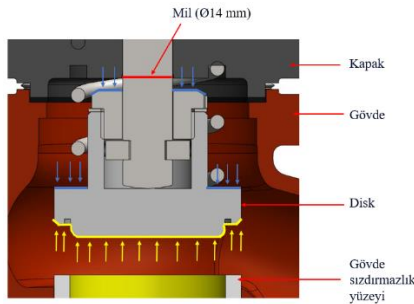
Ani kapama vanaları genel olarak gemilerde yakıt-yağ hatlarında kullanılmakta olup, acil durumlarda boru hattındaki akışı aniden kapatmak için tasarlanmıştır. Ani kapama vanaları,

vana başında el ile uzaktan ise tel düzeneği, hidrolik veya pnömatik kontrol sistemleri ile çalıştırıldığı gibi yangın anında da vananın kendi kendine otomatik tetiklenmesi sağlanabilecek şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca kullanım amacına göre açılı ve düz tip olarak adlandırılan iki tipi bulunmaktadır (Altın vd., 2021).

Aynı zamanda bu çalışma kapsamında makine elemanlarından çok yaygın olarak kullanılan yayların bilgisayar destekli tasarım iyileştirmesi aktarılmıştır. Yaylar, uygulanan kuvvetlere göre farklı tepkiler veren elemanlardır. Yaylar, geometrik şekillerine, tel kesitlerine, üretim şekillerine ve malzemelerine göre çeşitli gruplara ayrılırlar. Geometrik şekillerine göre yaylar silindirik, konik, disk, yaprak, spiral, gazlı ve özel yaylar olarak adlandırılır. Tel kesitlerine göre yaylar yuvarlak, dikdörtgen ve kare şekilli yaylar olarak bilinir. Üretim şekillerine göre yaylar sıcak veya soğuk şekillendirilmiş yaylar olarak tanımlanır. Malzemelerine göre yaylar metal, kauçuk veya plastik yaylar olarak sınıflandırılır (Özkan vd., 2009).

Materyal ve Metot

Bu çalışmada ani kapama vanalarında kullanılan yayların iyileştirilmesi hedef alınmıştır. Bu çalışmanın aşamalarında ilk olarak kullanılacak yayların teorik hesapları yapılacak ardından test düzeneği üzerinde hesapların doğrulanması yapılarak teorik ile pratik arasında alınan sonuçlar değerlendirilecektir. Daha sonrasında belirlenen kuvvet değerlerine göre bilgisayar destekli yay tasarımlarının yapılması ve bu tasarlanan yeni yayların test yapılarak doğrulanması yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Ani kapama vanası mil-disk bağlantısı.

1.

Vana akışkan ile dolu iken sarı renkte gösterilen alanlar basınçla karşılaşarak klapeyi açacak yönde, mavi ile gösterilen alanlar ise vanayı kapatacak yönde bir kuvvet uygular. Kırmızı ile işaretlenen (14 mm) alan kayıp olarak değerlendirilip teorik yay hesabı bu alana gelen kuvvet kadar olacak şekilde yapılmıştır. 14 mm’lik mil çapı DN32’lik bir vandan örnek alınmıştır. Sürtünmeler ve diğer koşullar ihmal edildiğinde kuvvetten kayıp olan tek bölge Şekil 1’de verilen mil çapı (14 mm) kadar olan bölge olarak gözükmektedir.

Bu göz önüne alınarak;

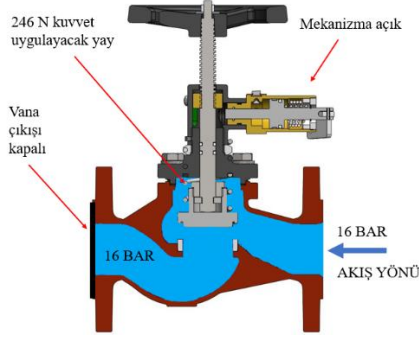
$$R=7\text{mm ve } A=\pi r^2 \text{ olduğundan } A=(3,14) \cdot (7^2) = 153,6 \text{ mm}^2$$

$$F=P \cdot A \text{ olduğundan } F=1,6 \cdot (153,86) = 246 \text{ N ve } 246/g = 246/9,81=25,07 \text{ kg bulunmaktadır.}$$

Burada; Π : Pi Sayısı, F: Kuvvet (N), P: Basınç (MPa), A: Alan(mm²), R: yarıçap (mm), G: Yer çekimi ivmesi (m/s²) ifade etmektedir.

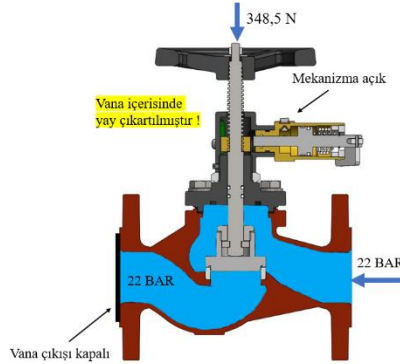
Yapılan teorik hesaba göre yay tasarımı yapıp (mevcut yay) vana teste sokulmuştur. Aynı zamanda bu yay mevcutta kullanılan ani kapama vanalarında kullanılan yaylardır. Yapılan testlerde vanaya 16 bar basınçta akışkan verilip vana çıkışı kapatılmıştır. Vananın içi tamamen

16 bar basınç uygulayan akışkan ile dolu iken mekanizma açıldığında vananın kapanmadığı gözlemlenmektedir. Bu durum yapılan teorik hesap şartları ile test edilen şartların aynı olmadığı durumu veya ihmal edilen koşulların (sürtünme kuvveti vb.) etkileri ile açıklanabilir. Yapılan test düzeneği ve vananın kapanmam durumunun şematik gösterimi Şekil 2 ‘de gösterilmiştir.



Şekil 2. Mevcut yay ile test.

Vananın gerçek kapanma ağırlığını bulmak için vana teste sokulmuştur. Yapılan Test düzeneği şematik olarak Şekil3’te verilmiştir. Vana içerisinden yay çıkarılıp vana çıkışı kapatılmıştır. Girişten 16 bar basınç verilmiştir. Aynı zamanda el çarkı-mil-klape bağlantısı üzerinden kuvvet uygulayacak bir test mekanizması oluşturulmuştur. Vana içerisi tamamen 16 bar basınç uygulayacak akışkan ile dolduğunda el çarkı üzerinden uygulanan kuvvet yavaşça artırılmaya başlanmıştır. Bu durumda vananın 348,5 N kuvvet ile kapandığı gözlemlenmiştir. Bu kuvvet, yapılan teorik hesap kuvveti ile ilişkilendirildiğinde yaklaşık %44’lük bir hata oranı olduğu gözlemlenmiştir. Ek olarak değerlendirilmesi gereken bir durum ise vana kapandığı sırada 16 bar basıncın 22 bar seviyelerine çıktığı gözlemlenmiştir. Yay tasarımında bu durumun dikkate alınması gerektiği sonucu çıkarılmıştır.

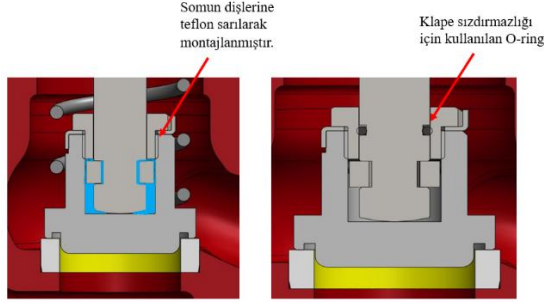


Şekil 3. Gerçek kapanma ağırlığını belirlemek için yapılan test düzeneği.

2.

Yapılan test sonucu ortaya çıkan hata payının nedenlerini belirlemek için disk ile mil arasında dolan akışkanın bu hataya sebep olduğu düşünülerek bu durumun engellenmesi için bir çalışma yapılmıştır. Bu durum yapılan teorik hesapta ihmal edilen bir parametredir. Bu durumu gözlemleyebilmek için mil üzerinde bir O-ring kullanılmış, aynı zamanda somun dişlerine teflon malzeme sarılarak montaj yapılmıştır. Bu durumda mil ile disk arasında sızdırmazlık sağlanmıştır.

olup test sırasında akışkan dolması durumu engellenmiştir. Şekil 4 ‘de disk ile mil arası sızdırmazlığı sağlamak için yapılan tasarım gösterilmiştir.

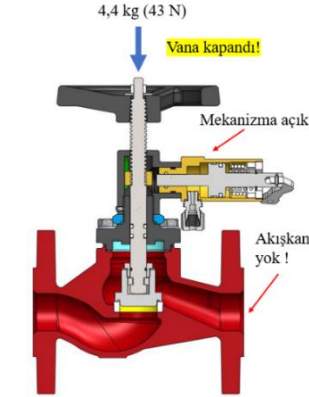


Şekil 4. Disk ile mil arası sızdırmazlığı sağlamak için yapılan tasarım.

3.

Disk-Mil arası sızdırmazlık sağlandıktan sonra vana tekrar teste sokulmuştur. Yapılan testte vananın 306 N kuvvette kapandığı gözlemlenmiştir. Bu durum yapılan ilk testten (348,5 N) 42,5 N daha az kuvvet ile kapandığını göstermektedir.

Teorik hesap ile test arasındaki farkın bir sebebi de O-ring sürtünmelerinin ihmal edilmişidir. Vanadaki O-ring sürtünmelerini öngörmek için bir test yapılmıştır. Vananın içinden yay çıkartılmıştır. Vana içerisinde akışkan yok iken vana üzerine ağırlık koyularak kaç kiloda sürtünmeyi yenerek kapandığına bakılmıştır. Bu yapılan test sonucu DN32 vana için vana 4,4 kg da kapanmıştır. Bu ağırlık hesaplamalar sırasında ihmal edilemeyecek bir faktördür. Yapılan sürtünme testi şekil 5 ‘de gösterilmiştir.

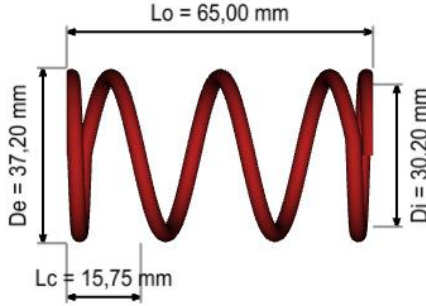


Şekil 5. O-ring sürtünme testi.

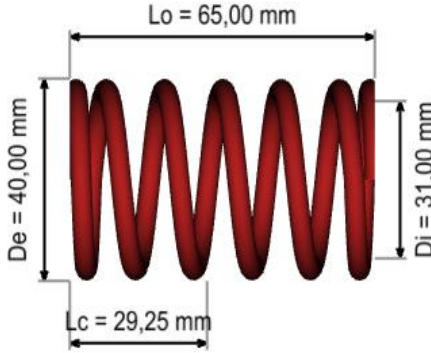
Tüm bu yapılan testler sonucunda vananın 16 barda ve daha yüksek basınçlarda kapanması için yeni bir yay tasarlandı. Bu yay tasarımı yapılırken dikkat edilen bazı parametreler şunlardır; tel çapı, serbest boy, yay iç/dış çap, sarım sayısı (aktif sarım sayısı), blok boy (yay tam kapalı pozisyondaki boy), yayın hangi pozisyonlarda ve sıklıklarda çalışacağı, yay üzerindeki gerilmeler.

Yay parametrelerinde tel çapını artırmak yay kuvvetini arttıracaktır, serbest boyun uzaması yayın istenilen pozisyon ve sıklıkta daha fazla sıkışacağına sebep olacağından yay kuvvetini artıran

bir parametredir. Aynı zamanda yayın oturacağı yüzeylerde merkezlenmesi çok önemli olacağından dolayı yayın iç ve dış çapı dikkate alınmalıdır. Bununla birlikte bir yay tasarımı yaparken sarım sayısını maksimum olacak şekilde seçmek yayın her zaman ömrünün daha fazla olmasını sağlayacaktır. Tüm bu parametreler dikkate alınarak yay üzerindeki gerilmeler de dikkate alınmalıdır. Gerilmelerin yüksek olması yayın kullanım esnasında çökme yapıp bozulmasına ve yorulma ömrünün azalmasına sebep olacaktır.



Şekil 6. Mevcut yay resmi.



Şekil 7. İyileştirilmiş yay resmi.

Required Data	
Material:	All Types ▾ Any Standard ▾ EN 10270-1 Drawn ▾ ...
Temperature:	20 °C
End Type:	Closed and Ground ▾ ...
Dead Coils:	2,00 ... Tip Thickness: 50,00 %
End Fixation:	Both ends fixed and guided ▾ ...

Design Parameters	
Set Free Length + 3 Other Parameters ▾ ...	
<input checked="" type="checkbox"/> Wire Diameter:	3,50 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Outside diameter:	37,20 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Total Coils:	4,50
<input type="checkbox"/> Spring Rate:	15,98 N/mm
<input checked="" type="checkbox"/> Free Length:	65,00 mm
<input type="button" value="Reset"/>	

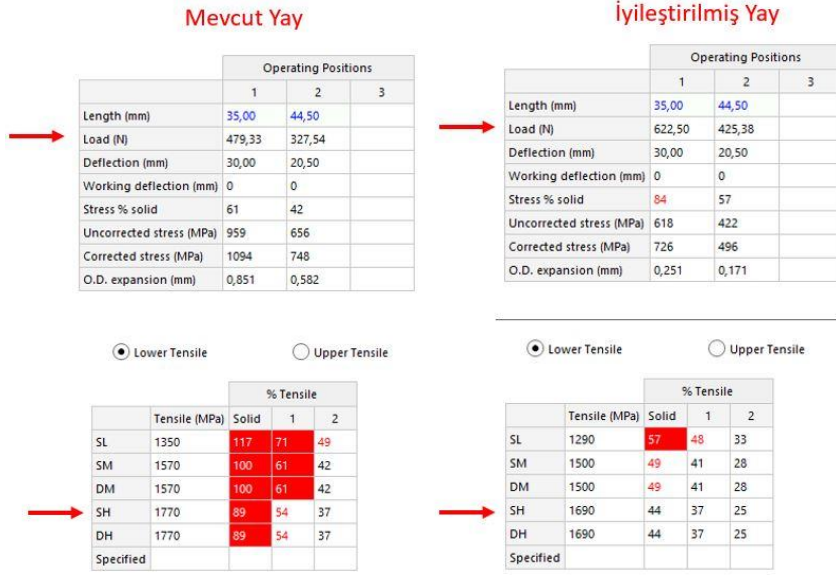
Şekil 8. Mevcut yay özellikleri.

Required Data	
Material:	All Types ▾ Any Standard ▾ EN 10270-1 Drawn ▾ ...
Temperature:	20 °C
End Type:	Closed and Ground ▾ ...
Dead Coils:	2,00 ... Tip Thickness: 50,00 %
End Fixation:	Both ends fixed and guided ▾ ...

Design Parameters	
Set Free Length + 3 Other Parameters ▾ ...	
<input checked="" type="checkbox"/> Wire Diameter:	4,50 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Outside diameter:	40,00 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Total Coils:	6,50
<input type="checkbox"/> Spring Rate:	20,75 N/mm
<input checked="" type="checkbox"/> Free Length:	65,00 mm
<input type="button" value="Reset"/>	

Şekil 9. İyileştirilmiş yay özellikleri.

Şekil 6 ve şekil 8’de mevcut yay özellikleri, Şekil 7 ve Şekil 9’da iyileştirilmiş yay özellikleri verilmiştir. Şekiller incelendiğinde iyileştirilmiş yayın tel çapının 3,5 mm’den 4,5 mm’ye çıktığını ve sarım sayısının 4,5’ten 6,5’e çıktığı görülmektedir. Aynı zamanda iyileştirilmiş yayın tel çapının artmasından dolayı dış çapında bir artış olmuştur. Tel çapının artması, yayın blok boyunun (tam kapalı pozisyonadaki boy) artmasına da sebep olmuştur.



Şekil 10. Mevcut yay ve iyileştirilmiş yay kuvvetleri ve yüzdesel gerilmeler.

Şekil 10’ da mevcutta kullanılan yay ve iyileştirilmiş yayın istenilen pozisyonlarda verdiği kuvvetleri ve bu pozisyonlardaki yüzdesel gerilmeler verilmektedir. Mevcut yayda 35mm ve 44,5 mm pozisyonlarında sırasıyla 479,3 N ve 327,5 N kuvvet uygulayabilirken, iyileştirilmiş yayda aynı pozisyonlarda sırasıyla 622,5 N ve 425,4 N kuvvet uygulayabildiği görülmektedir. Bununla birlikte yaylar üzerindeki yüzdesel gerilmelere bakacak olursak SH kalite malzeme için, yani kullanılan yay için bakılırsa mevcut yayda blok boyda gerilme %89 iken iyileştirilmiş yayda %44 seviyelerine kadar düştüğü yani kullanıma uygun olmayan bölgeden kullanıma uygun bölgeye geçtiği görülmektedir. Aynı zamanda istenilen 1. Ve 2. pozisyonlarda (35mm ve 44,5 mm), mevcut yayda sırasıyla %54 ve %37 gerilmeler oluşurken iyileştirilmiş yayda sırasıyla %37 ve %25 seviyelerine düştüğü görülmektedir. Bu durum hem yay kullanımında çökme, bozulma yaşama olasılığını düşürmektedir, bununla birlikte yayın yorulma ömrünü artırmaktadır. Yay tasarımı yapılırken spring calculator professional bilgisayar yazılımından destek alınmıştır.

Yeni tasarlanan yaylar ile vanalar teste sokulduğunda vanaların istenilen basınçta (16 bar) kapandığını ve sızdırmazlığın sağlandığı gözlemlenmiştir. Bu aktarılan çalışmadaki tüm veriler ve değerler DN32 ani kapama vanasını üzerinden aktarılmıştır. Bununla birlikte bu çalışmada sadece DN32 çapındaki vana için değil bununla birlikte 9 adet farklı çapa bu çalışma entegre edilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Tüm bu çalışmalar kapsamında ani kapama vanalarının basınçta uygun yay tasarımı yaparak istenilen yüksek basınçlarda kapatılabildiği belirlenmiştir. Aynı zamanda sadece yüksek basınçlarda vanayı kapatan bir yay değil aynı zamanda yorulma ömrü daha yüksek ve daha stabil çalışan yaylar tasarlanmıştır. Bu yapılan yeni yay tasarımı vananın sızdırmazlık özelliklerine de katkı sunmuştur.

Bu aktarılan çalışma sadece DN32 ani kapama vanası üzerinden aktarılmıştır. Değerler ve veriler bu vana üzerinden verilmiştir. Bu çalışma kapsamında sadece DN32 ani kapama vanası üzerinde çalışılmayıp bunu DN20, DN25, DN32, DN40, DN50, DN65, DN80, DN100 ve DN125 olmak üzere toplam 9 farklı çapta vanaya entegre edilmiş olup 9 farklı çapta da başarılı sonuçlar alınmıştır. Bununla birlikte teorik hesaplamalar yapılırken ihmal edilen şartların önemli olduğu ve yanılabilirliği gözler önüne serilmiştir. Disk ile mil arasında dolan akışkanın 42,5 N kuvvet etki ettiği görülmektedir. Bu durum DN32 vana için gözlemlenmiştir, vana çapı arttıkça buradaki kuvvetin de arttığı gözlemlenmektedir. Ek olarak ihmal edilen sürtünme kuvvetlerin de etkisi büyüktür. Yapılan test sonucu test edilen vana için 4,4 kg yani yaklaşık 43 N değerinde bir sürtünme kuvveti etki etmektedir. Bu ihmal edilen ve test edilen kuvvetler gerçek kapanma kuvvetinden (348,5 N) çıkartıldığında, teorik hesap ile $\pm\%10$ içerisinde yer almaktadır. Bu durum mühendislik hesapları sırasında ihmal edilen şartların çok büyük etkilerinin olabileceğini ve her zaman etkilerinin hesap edilmesi gerektiği aşikârdır.

Kaynakça

- Altın, S., Özkan, E., Özkan, M. (2021), Ani Kapama Mekanizmalı Taşıma Kolaylığı Sağlayan Hafifletilmiş Gövdeye Sahip Vana Geliştirilmesi, 4.Ulusal Üniversite-Sanayi İş Birliği Ar-Ge ve İnovasyon Kongresi, 334-339
- Akkaya, A. V., Sevilgen, S. H., Erdem, H. H. ve Çetin, B. (2005). Simulink kullanarak bir pnömatik sistemin simülasyonu, Doğu Üniversitesi Dergisi, 6 (2) 155-162.
- Akyazı, Ö., Çokrak, D. (2011). Pnömatik ve hidrolik sistem uygulamaları, Elektrik – Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 2011, 142-147.
- Demirel, K. (2013). Hidrolik pnömatik, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Kavurmacıoğlu, L., Karadoğan, H., 2003, Su Darbesi Projelendirme Hataları, VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı, MMO Yayın No:E/2003/328-1, 37-45.
- Özkan, M. T., Dündar, K., Gümüş, F. (2009) Bilgisayar Destekli Helisel Yay Tasarımı Ve Sonlu Elemanlar Analizi, G.Ü.T. E.F, Makina Eğitimi Bölümü, 06500 Besevler, Ankara,

Otomotiv Sızdırmazlık Profillerinde Kullanılan Termoplastik Elastomer (TPE) Malzemenin Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Yusuf Mert Baytok¹, Orçun Saf¹ Aytunç Erek²

¹Standard Profil Ege Otomotiv, AR-GE, Manisa - Yunusemre, Türkiye

²Dokuz Eylül Üniversitesi, Makine Mühendisliği, Buca – İzmir, Türkiye

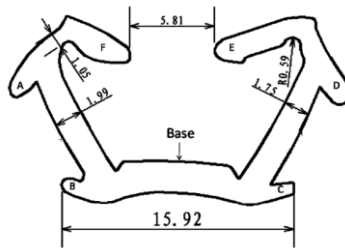
ymbaytok@standardprofil.com

osaf@standardprofil.com

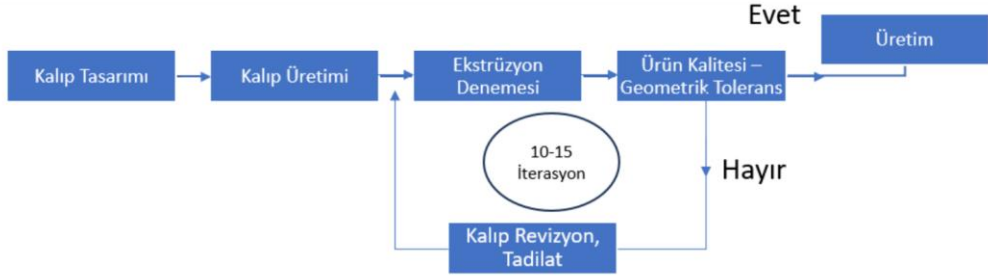
aytunc.erek@deu.edu.tr

Giriş

Otomotiv sızdırmazlık sistemleri (sızdırmazlık profilleri) ses, gürültü, su, toz ve ısı yalıtımı için araç sacları arasında bariyer görevi görür. Titreşimleri ve darbeleri emerek kullanıcının konforunu artırır, aynı zamanda araca iyi bir estetik bütünlük sağlar (Günündi, 2022). Otomotiv sızdırmazlık profillerinin üretiminde birincil yöntem plastik ekstrüzyon yöntemidir. Polimer ekstrüzyonu, polimerik malzemelerin şekillendirilerek kanallar, borular, tüpler, şeritler ve profiller gibi belirli bir şekle sahip sürekli bir kesitin (ekstrüdat) oluşturduğu sürekli bir işlemdir. Otomotiv sızdırmazlık profilleri malzemelerin çapraz bağlanma özelliklerine göre ısıtılarak ve soğuyarak şekil alabilirler (Drobny, 2014). Bu durum “Termoplastik Elastomer” malzemesi özelinde karşımıza soğutma ile şekil alma olarak çıkar. Granül halindeki TPE malzeme ekstrüderin besleme ünitesinden plastik ekstrüzyon hattına beslenir, daha sonra ısıtıcı ekstrüder vidaları vasıtasıyla eritilerek polimer malzeme basınçlandırılarak kalıba doğru basılır. Kalıptan çekilen malzeme çekici vasıtasıyla hattın ileri kısımlarına aktarılarak prosesin sürekliliği sağlanmış olur [kitap]. Plastik ekstrüzyon prosesi ile üretilen sızdırmazlık profilleri araç kasasıyla uyumlu olarak ve şekil 1’de görüleceği gibi karmaşık yapıda ve sıkı geometrik toleranslara sahiptier (Dai ve ark., 2008). Bu sebeple kalıp içerisindeki akışlarını sezgisel olarak tahmin edebilmek oldukça zordur. Geleneksel olarak bu tahmin süreci şekil 2’de açıklanmıştır (Talib, 2019).



Şekil 1. Bir sızdırmazlık profilinin görünüşü (Dai ve ark., 2008)



Şekil 2. Geleneksel kalıp tasarım süreci (Talib, 2019)

- 1) CAD ortamında daha önceki tecrübelerin ışığında kalıp datasının oluşturulması
- 2) Oluşturulan kalıbın talaşlı imalatla üretimi
- 3) Üretilen kalıbın ekstrüzyon hattına entegre edilerek denemelerinin yapılması
- 4) Eğer istenilen ölçüler ve mekanik özellikler uygunsa üretime başlanması şeklinde devam eder.

Bu süreç operatör ve mühendis ekibinin bilgi birikimine bağlı olarak genellikle 10 – 15 döngü şeklinde sonuçlandırılır. Bu sebeple literatürde yer alan çalışmalar temel olarak kalıp tasarımını destekleyecek şekilde kalıp içerisindeki ve kalıp çıkış yüzeyindeki (kalıp ağzı) akışı dengelemek üzerine yoğunlaşmıştır (Nobrega ve ark, 2002; Dai ve ark., 2008; Zolfaghari ve ark, 2009; Yılmaz ve ark, 2014). Kalıp çıkışındaki akışın denetlenmesindeki en önemli faktörlerden birisi akışın reolojik özelliklerinin bilinmesidir (Vlachopoulos ve Strutt, 2003; Das ve ark, 2021). Eğer doğru reolojik modelleme ve doğru reolojik katsayılar ile yola çıkılmazsa simülasyon ortamında kalıp çıkışında eşit hızlar elde edilse dahi geometri istenilen toleranslarda olmayabilir ve bozukluklar gösterebilir.

Bu doğrultuda, polimer malzemelerin özelliklerini ölçmede özellikle ticari reometrelerin ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması (Gökğöz, 2008), yalnızca belirli firmalarda ve Ar – Ge merkezlerinde bulunması, prosese doğrudan bağlı olarak (in – line) çalışmadığı için prosesin özelliklerini tam anlamıyla yansıtmaması gibi durumlar göz önüne alındığında bu çalışmanın gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada, Standard Profil Ege Otomotiv bünyesinde bulunan tek vidalı bir ekstrüder, TPE malzemenin akışına bağlı reolojik özelliklerini belirlemek adına hatta bağlı kapiler bir reometre olarak tasarlanmış ve bu sebeple ASTM D5422 – 09 standartlarına uygun olarak bir kalıp tasarlanıp deneysel olarak TPE malzemenin kapiler kalıp içerisinde akarken akış özellikleri belirlenmiştir. Düşük maliyetlerle kurulan sistemin literatüre bu malzeme hakkında bilgi sağlanmıştır. Ayrıca kurulan sistem ile ekstrüder vidasının performans eğrilerinin elde edilebileceğini. Bunun ötesinde, malzemenin daha sonra nümerik akış simülasyonlarında kullanılmak üzere non – Newtonyen bir model olan “kuvvet yasası” (Power – Law) model katsayıları çıkarılmıştır.

Materyal ve Metot

Bu çalışmada otomotiv sızdırmazlık profillerinde yaygın olarak karşılaşılan TPE malzemesi kullanılmıştır. Malzeme plastik ekstrüzyonda kullanılmak üzere geliştirilmiş polimer bir malzeme olup granüler, katı formda bir malzemedir. Deneylerde kullanılan plastik ekstrüder Şekil 3’de gösterilmektedir. Ekstrüder vidasının çapı 30 mm, L/D 25’tir. Vidanın sıkıştırma oranı 2,3’tür. Vida hızı 0-120 rpm arasında ayarlanabilmektedir. Ekstrüderin tamburunda dört adet ısıtma

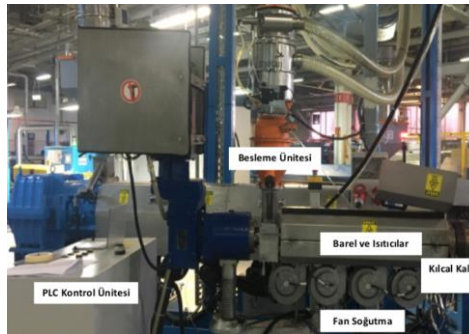
ünitesi bulunmaktadır ve bu ünitelerin her biri fan soğutmalıdır. Isıtıcılar ve vida hızlarının tamamı PLC kontrollüdür.

Deneylerde Şekil 4 'de görüldüğü gibi kapiler (kılcal) bir kalıp kullanılmıştır. Kalıp ASTM D5422-09'a göre üretilmiş (Anon, 2023) ve UDDEHOLM NIMAX sıcak iş takım çeliği malzemeden üretilmiştir. Kılcal kalıp giriş açısı 90o olup, kapiler çapı 3 mm, kapiler uzunluğu 20 mm'dir konik yapıya sahip standart bir deney kalıbıdır. Deneylerde erime basıncı ve erime sıcaklığı, DYNISCO Echo-MA4-BAR-R23-UNF-6PN-S06-F18-TCJ entegre basınç ve sıcaklık sensörü kullanılarak ölçülmüştür. Sensörde J tipi bir termokupl bulunmakta olup sensör kılcal kalıp girişinin hemen önüne yerleştirilmiştir. Bu şekilde kaydedilen basınç değerleri reolojik hesaplamalarda kullanılacaktır (Şekil 5). Test yöntemi, ekstrüdatın belirli bir zaman aralığı boyunca sabit erime sıcaklığında farklı ekstrüzyon hızlarında toplanmasına dayanmaktadır. Bu süre zarfında, toplanan ekstrüdat çıkışı (Şekil 6) elektronik bir hassas teraziyle tartılır ve erime basıncı sensör yardımıyla ölçülür.

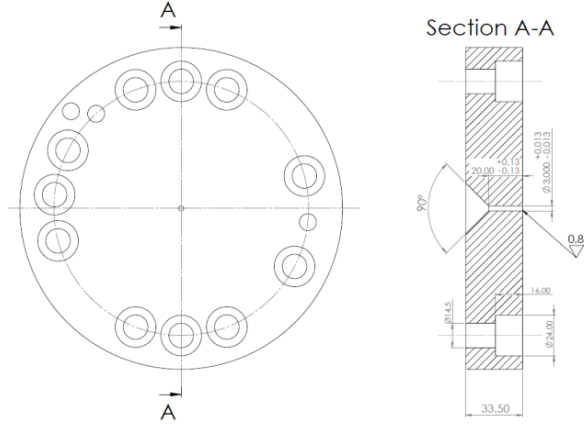
Reolojik karakterizasyon testlerine başlamadan önce TPE 82 °C 'de 3 saat kurutuldu. Kurutulmuş TPE ekstrüder haznesine döküldü. Ekstrüder gövdesi üzerindeki vidanın her bir bölgesini temsil eden ısıtıcı sıcaklıkları, malzemenin kalıptaki test sıcaklığı olan 180 dereceye kademeli olarak eritilip basınçlandırılması amacıyla Tablo 1'e göre ayarlandı. Deneylerde ekstrüzyon hızı, vida hızı ayarlanarak kontrol edildi. Vida hızı 10 rpm aralıklarla 10 ila 100 rpm arasında ayarlanmıştır. Deneylere 10 rpm'de başlandı. Ekstrüderdeki akış dengelenip stabil hale geldikten sonra keskin bir bıçak yardımıyla malzeme kesilerek 2 dakika boyunca akan ekstrüdatlar toplandı. Daha sonra toplanan ekstrüdatlar hassas teraziyle tartıldı. Olası standart sapmayı önlemek adına test koşullarının her biri üç kez tekrarlandı ve aritmetik ortalama değerler kullanıldı. Test sonucunda belirli bir zaman aralığında malzeme akışıyla elde edilen kütsel debi, sıkıştırılmaz akış kabulü ile eriyik malzemenin yoğunluk değerine bölünerek hacimsel debi değerleri hesaplandı. Test sıcaklıklarındaki erime yoğunluğu değerleri, Tablo 2'de verilen PVT değerlerinin eğri uydurularak lineer regresyon analizi ile (Şekil 7) belirlendi. Erime basınçları, test koşullarının her biri için kaydedildi. Böylelikle test sıcaklığı olan 180 °C deki yoğunluk değeri 822 kg/m³ olarak elde edildi.

Tablo 1. Ekstrüder vidasının bölgelerine göre sıcaklık dağılımı

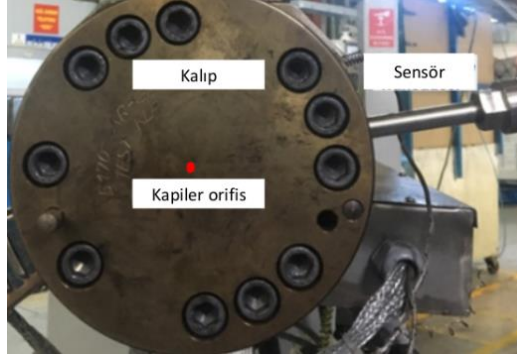
Bölge	1	2	3	4
Sıcaklık °C	150	170	180	180



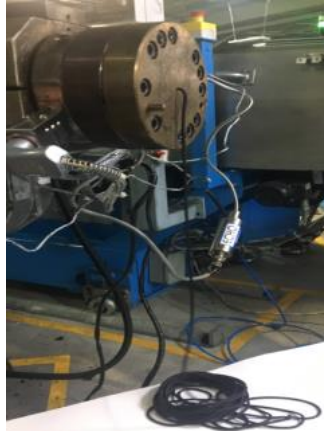
Şekil 3. Plastik ekstrüder yapısı



Şekil 4. Kapiler kalıp geometrisi ve boyutları



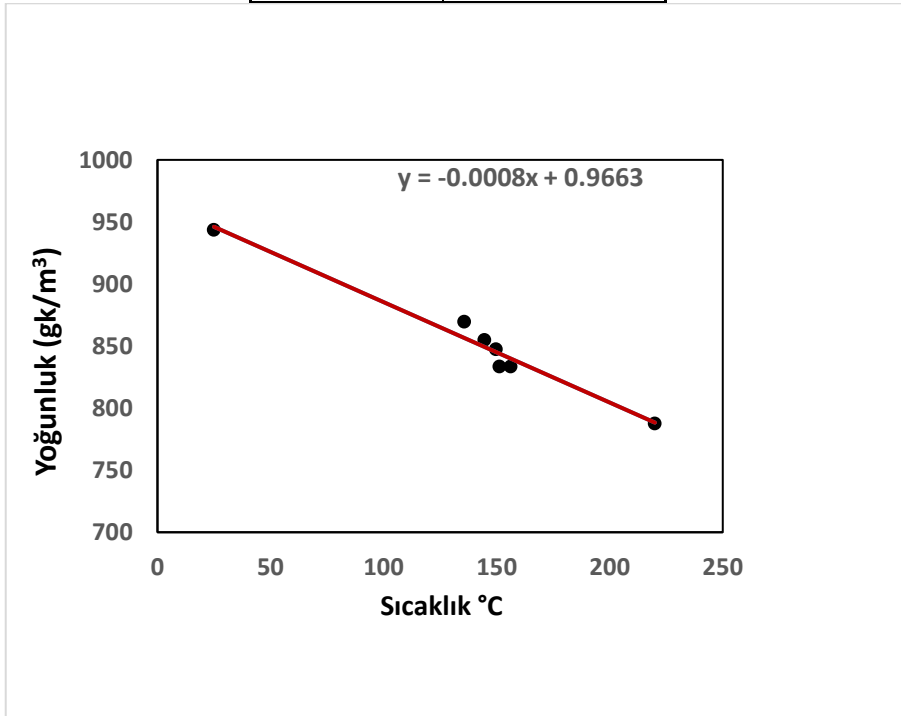
Şekil 5. Sensör pozisyonu ve veri toplanması



Şekil 6. Deneilerde elde edilen ekstrüdat

Tablo 2. TPE malzemenin sıcaklığa bağlı yoğunluk değişimi

Sıcaklık °C	Yoğunluk kg/m ³
25	943
135.8	870
144.6	855
149.8	847
151.3	833
156.3	833
220	787



Şekil 7. Lineer regresyonla yoğunluğun belirlenmesi

Bulgular ve Tartışma

Malzeme kalıp içerisinde akarken vida hızlarına göre malzemenin kapiler bölgede yaptığı geri basınçlar şekil 8’de, elde edilen hacimsel debilerin vida hızına bağlı değişimleri de şekil 9’da gösterilmiştir. Buna göre viskoz malzemenin yüksek hızlarda kalıpta akmasıyla kalıp içerisinde basınçlar yükselerek 77 bar civarlarından 118 bar basınçlara kadar gelebilmektedir. Vida hızının artışıyla birlikte hacimsel debiler de 863 ile 6773 cm³/s aralığında şekillenmiştir.

Hacimsel debi ve vida hızı gibi deneysel verileri görünür kayma gerilimi (τ_w), kayma hızı ($\dot{\gamma}_a$) ve görünür kayma viskoziteleri (η_a) gibi reolojik olarak anlamlı parametrelere dönüştürmek için eşitlik 1 ve 2 kullanıldı:

$$(1) \quad \tau_w = (d_c \Delta P) / (4l_c)$$

$$(2) \quad \dot{\gamma} = 32Q / (\pi(d_c^3))$$

Burada d_c , kapiler kalıp çapı, ΔP kapiler bölgedeki geri basınç değeri, l_c kapiler uzunluk, Q hacimsel debidir.

Şekil 9’daki sonuçlara baktığımızda, TPE malzemenin sıklıkla karşılaşılan Newtonyen akıştaki gibi viskozitelerinin yalnızca sıcaklıkla değişmediğini, bunun yanında kayma hızına bağlı olarak da viskozitenin azalma eğiliminde olduğunu görmekteyiz. Bunun nedeni, kapiler, daralmış bir bölgeye giren eriyik bir polimer malzemenin akış doğrultusunda yönlenecek girişte sahip olduğu polimerlerin yapısal özelliğinden gelen dolanık yapısının akış boyunca artan kayma hızlarıyla birlikte, akış doğrultusunda yönlenecek “kayma – inceleme” davranışı göstermesi olarak düşünülebilir (Tang ve ark, 2020). Yani TPE malzeme kalıp içerisinde eriyik halde non – Newtonyen bir akışkandır.

TPE malzemenin akış simülasyonlarında kullanılmak üzere model katsayıları non- plastik ekstrüzyondakli non - Newtonyen polimer malzeme akışında yaygın olarak kullanılan Power – Law modeline göre çıkarılmıştır (eşitlik 3).

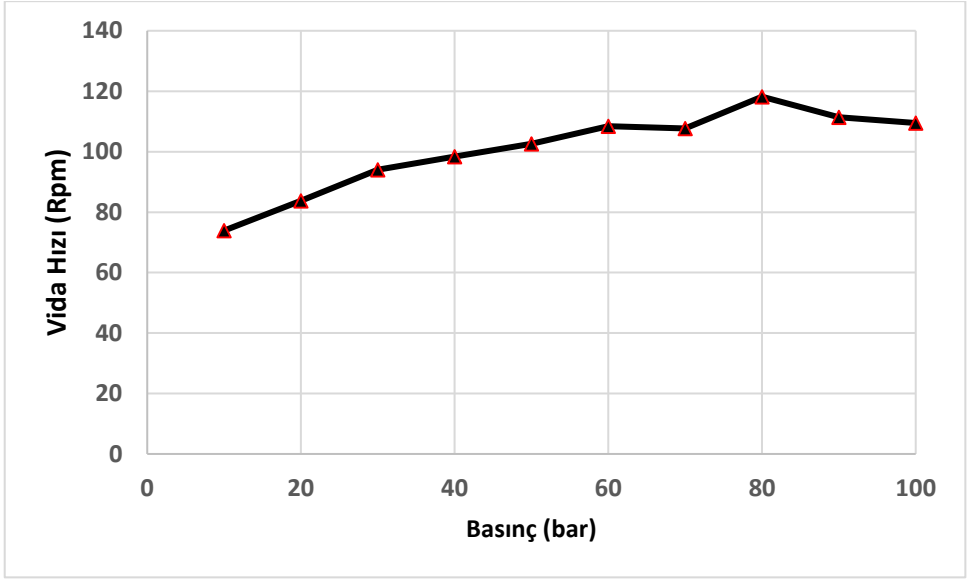
$$(3) \quad \eta = m\dot{\gamma}^{n-1}$$

Burada m kıvam katsayısı, n Power law katsayısı olarak adlandırılmaktadır. Kayma incelenmesi davranışı gösteren eriyik polimer malzemeler için bu katsayı 1 den küçüktür (Macosko, 1994).

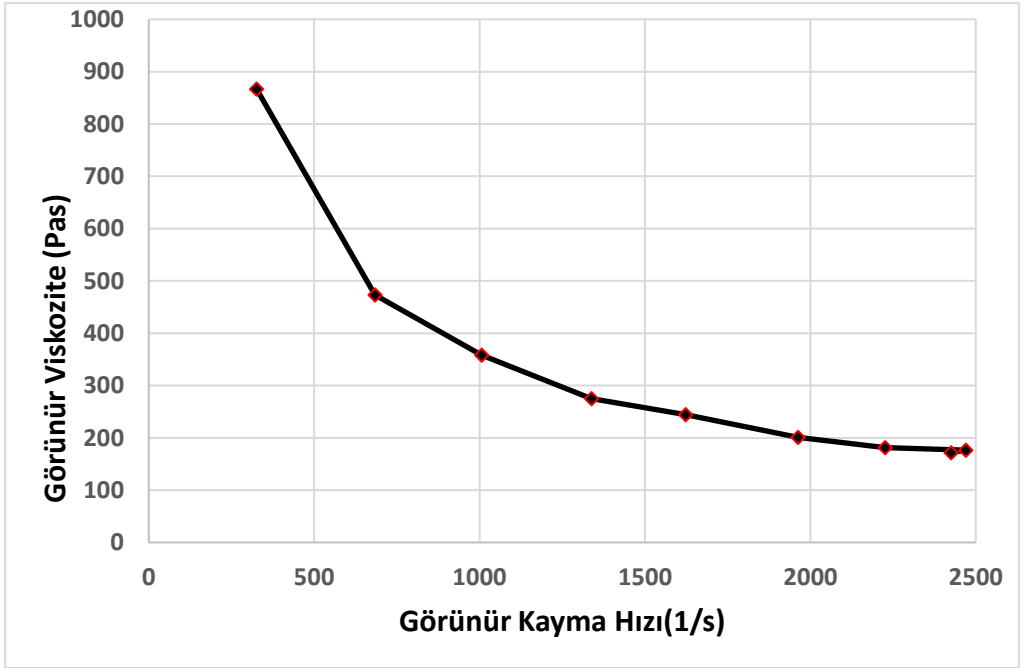
Eşitlik 3 te her iki tarafın logaritması alındığında, eşitlik 4 elde edilir. Burada $y = ax + b$ formatında lineer bir doğru karşımıza çıkar.

$$(4) \quad \log(\eta) = \log(m) + (n-1) \log(\dot{\gamma}_w) \quad \eta = m\dot{\gamma}^{n-1}$$

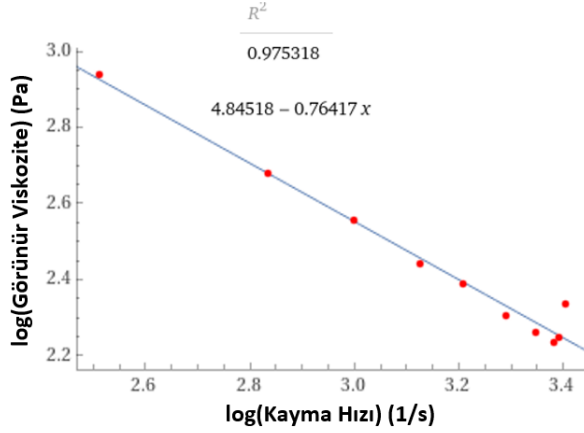
Model katsayıları lineer regresyonla elde edilebilir (şekil – 10). Buradan 0,23853 ve $m = 70013,21$ olarak elde edilmiş olur.



Şekil 8. Vida hızına bağlı basınç değişimi



Şekil 9. Görünür viskozitenin kayma hızıyla değişimi



Şekil 10. Model parametrelerinin belirlenmesi

Sonuç

Bu çalışma, TPE malzemesinin akış özelliklerini belirlemek üzere tasarlanan tek vidalı ekstrüder sistemi ve kapiler kalıp kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen deneysel verilere dayanarak, TPE'nin kalıp içerisinde non-Newtonyen bir akış gösterdiği görülmüştür. Viskozitenin sadece sıcaklıkla değil, aynı zamanda kayma hızına bağlı olarak da değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Kapiler bölgedeki geri basınç değerleri ve hacimsel debi, ekstrüder vidası hızına bağlı olarak değişim göstermiştir. Yüksek vidasal hızlarda, malzemenin kalıpta akışıyla birlikte basınç değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Ayrıca, elde edilen veriler kullanılarak non-Newtonyen akışkandan kaynaklanan katsayılar olan "kuvvet yasası" model katsayıları çıkarılmıştır.

Sonuç olarak, bu çalışma, TPE malzemesinin ekstrüzyon sürecindeki akış özelliklerini anlamak için kurulan düşük maliyetli bir sistemle ilgili değerli bilgiler sağlamaktadır. Elde edilen veriler, malzemenin işleme öncesi reolojik karakterizasyonu ve akış simülasyonları için temel teşkil etmektedir. Bu çalışma, otomotiv sızdırmazlık profilleri gibi uygulamalarda TPE malzemelerinin üretiminde süreç iyileştirmeye yönelik tasarımların geliştirilmesinde kullanılabilir.

Teşekkür

Bu çalışmayı yapmamda bana katkı sağlayan ve çalışmanı olduğum Standard Profil Ege Otomotiv firmasına ve bursiyeri olarak yer aldığım 2244 projesi kapsamında bana çalışmalar yapma imkanı sunan TÜBİTAK kurumuna teşekkür ederim.

Kaynakça

Anon. (2023). ASTM Standardı D5422-09, 1993. Measurement of Properties of Thermoplastic Materials by Screw- Extrusion Capillary Rheometer. ASTM International: West Conshohocken, PA, 2009, DOI: 10.1520/D5422-09, www.astm.org

- Dai, Y., Zheng, H., Zhou, C., Yu, W. (2008). Quick profile die balancing of automotive rubber seal extrusion by CAE technology: *Journal of Macromolecular Science, Part A*, 45(12), 1028-1036. doi: 10.1080/106013208024545
- Das, A., Gilmer, E.L., Biria, S., Bortner, M.J. (2021). Importance of polymer rheology on material extrusion additive manufacturing: correlating process physics to print properties. *ACS Applied Polymer Materials*, 3(3), 1218-1249.
- Drobny, J. G. (2014). *Handbook of thermoplastic elastomers*. p-70, USA ISBN: 978-0-323-22136-8 Elsevier.
- Gökgöz, İ. (2008). Design And The Application Of A Capillary Rheometer to The Determination of The Flow Characteristics of HDPE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Günindi, E. E. (2022). Optimization of injection molding parameters for improving the bonding of thermoplastic elastomer to EPDM rubber used in automotive sealing systems (Master's thesis, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Nobrega, M.J., Carneiro, S.O., Oliviera, J.P., Pinho, T.F. (2002). Flow Balance Optimization of Profile Extrusion Dies. 18th Annual conf. of the Polymer Processing Society, PPS-18, Guimaraes, Portekiz.
- Talib, N.A. (2019). Experimental and numerical investigation of rubber whether strip extrusion. Doktora Tezi, Özyeğin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Vlachopoulos, J., Strutt, D. (2003). The Role of Rheology in Polymer Extrusion: New Technology for Extrusion Conference, Italy Milan, pp. 20–21.
- Tang, D., Marchesini, F.H., Cardon, L., D'hooge, D.R. (2020). State of the-art for extrudate swell of molten polymers: from fundamental understanding at molecular scale toward optimal die design at final product scale. *Macromolecular Materials and Engineering*, 305(11), 2000340.
- Macosko, C.W. 1994. *Rheology, Principles, Measurements and Applications*.
- Yilmaz, O., Gunes, H., Kirkkopru, K. (2014). Optimization of a profile extrusion die for flow balance. *Fibers and Polymers*, 15, 753-761. doi: 10.1007/s12221-014-0753-3
- Zolfaghari, A., Behraves, A.H., Shakouri, E., Soury, E. (2009). An innovative method of die design and evaluation of flow balance for thermoplastics extrusion profiles: *Polymer Engineering & Science*, 49(9): 1793-1799

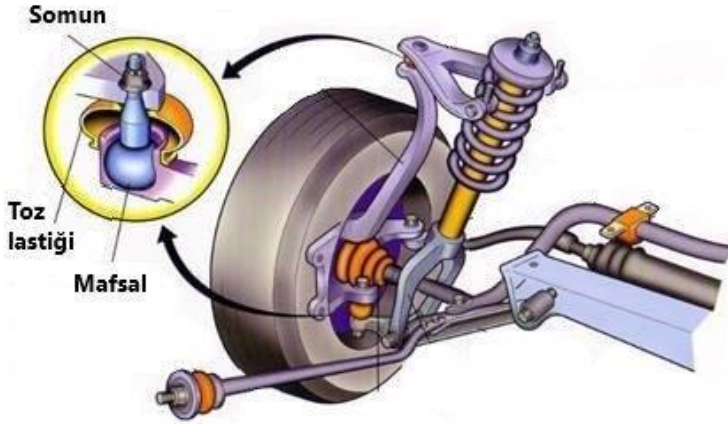
İndüksiyon ile Yüzey Sertleştirme Isıl İşleminin Çelik Kaliteleri Üzerindeki Yorulma Etkisi

Ahmet Asım Eser, Talha İkbal Çığır, Gamze Küçükyavaşoğlu, Ümit Ahmet Çakal

AYD Otomotiv Endüstri A.Ş., Konya, 42250, Türkiye
eser.ahmetasim@aydtr.com

Giriş

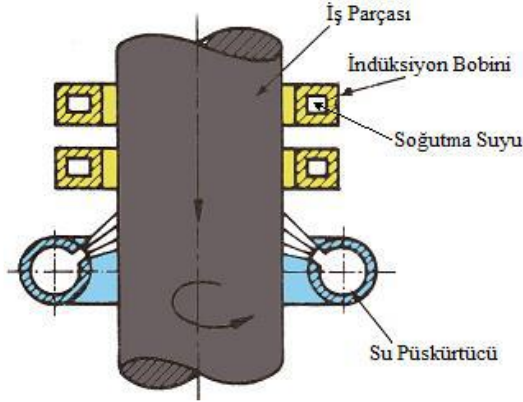
Bir aracın hareket halinde istediğimiz yöne, doğru ve güvenli bir biçimde yönlendirilmesini sağlamak direksiyon sisteminin görevidir. Aynı zamanda aracın minimum bir aşağı-yukarı salınma hareketi ile aracın ileriye- geriye doğru hareket etmesini güvenli, konforlu bir şekilde sağlamak, bu süre içerisinde tekerlek ile yol arasında sürekli teması sağlamak süspansiyon sistemlerinin başlıca görevleridir. Hem direksiyon sistemi parçalarının hem de süspansiyon sistemi parçalarının araca bağlantısında küresel bağlantı parçası olan mafsalları kullanılmaktadır (Kutluk ve Uygur, 2014; Ingenieira, 2019)



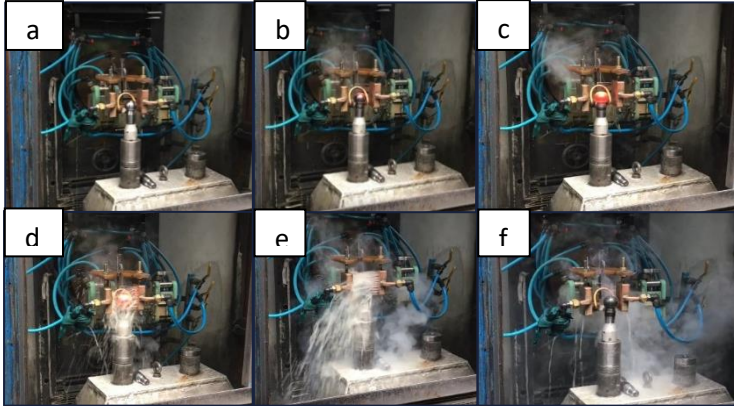
Şekil 1. Direksiyon ve süspansiyon sistemi, mafsalları parçası (Ingenieira, 2019)

Mafsal gibi süspansiyon sistemleri bileşenleri kritik güvenlik parçası olarak kabul edilir ve bu parçalar servis ortamlarında ani ve tekrarlanan yüklemelere, aşınma ve korozyon hasarına maruz kalmaktadır. Bu tür hasarlara dayanabilen fizibil olması gereken malzeme seçiminde SAE 1040, SAE 5140 veya SAE 4140 gibi ıslah çelikleri tercih edilmektedir. Aynı zamanda çalışma koşulları nedeniyle tüm yapının sertleştirilmesi veya yüzeyde yüksek sertliklerin elde edilebilmesi için yüzey sertleştirme gibi ıslıl işlemler uygulanmaktadır (Watrin ve ark, 2013)

Isıl işlem bilindiği üzere kontrollü olarak ısıtma ve kontrollü olarak soğutma işlemlerini içermektedir. Günümüzde endüstride otomatik hat sistemler, geleneksel fırın bazlı ısıtma işlemler, yüzey sertleştirme ısıtma işlemleri olan indüksiyonla sertleştirme, nitrasyon veya borlama gibi ısıtma işlemler kullanılmaktadır. Ancak indüksiyon ile yüzey sertleştirme işleminde istenilen mekanik özellikler çok daha kısa bir üretim süreci sonucunda elde edilmektedir. Bununla birlikte, indüksiyonla sertleştirilmiş malzeme, geleneksel (fırında) sertleştirilmiş malzemeyle karşılaştırıldığında, mekanik özelliklerde, özellikle de toklukta farklılıklar fark edilmiştir (Vieweg ve ark, 2015). İndüksiyon ile yüzey sertleştirme yönteminde yüksek frekanslı akımla beslenen bir indüksiyon bobini, sertleştirilecek parçanın çevresine yerleştirilir. Parçada indüklenen frekans arttıkça yüzeye yakın kısımlarda yoğunlaşan girdap akımlarına malzemenin gösterdiği direnç nedeniyle bu bölgeler ısınır. Bu yöntemde ısıtma süresinin kısalığı, çarpılma, çatlama ve tane irileşmesi olasılıklarını azaltır. Mafsal parçasına uygulanan örnek bir indüksiyon yüzey sertleştirme prosesi Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 2. İndüksiyon akımı ile yüzey sertleştirme işleminin şematik gösterilişi (Altinel, 2015).



Şekil 3. a) Parçanın yerleştirilmesi b) İndüksiyon ısıtmanın başlaması c) Isıtmanın tamamlanması d) ve e) Soğutmanın başlaması ve uygulanışı f) Sürecin tamamlanması

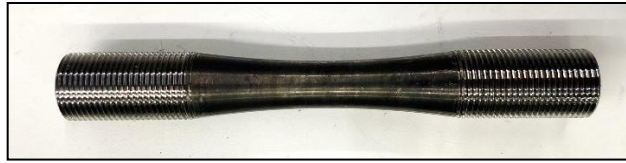
Mafsal parçasının servis koşullarında maruz kaldıkları hasarlar genel olarak hammadde, talaşlı imalat, dövme ve ısıl işlemden kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada, çelik kalitesinin ve farklı indüksiyon yüzey sertliği derinliklerinin yorulma dayanımına etkisi incelenmiştir.

Materyal ve Metot

Hem SAE 1040 hem de SAE 5140 çelik alaşımlarından çapı 30 mm boyu 150 mm sıcak çekim çubuk çubuk malzemeden ASTM E466 standardına uygun olacak şekilde yorulma çubuğu talaşlı imalat ile işlenerek üretilmiştir.



Şekil 4. Sıcak çekim çubuk



Şekil 5. Talaşlı imalat ile hazırlanan yorulma çubuğu

Kullanılan parçaların kimyasal kompozisyonu Spectromaxx Optik Emisyon Spektroskopi Ünitesi’nde kontrol edilmiştir. Sertlik değerleri, Brinell sertlik cihazında 10 saniye uygulama süresinde 187,5 kgf yük altında 2,5 mm çapındaki çelik top kullanılarak ölçülmüştür.

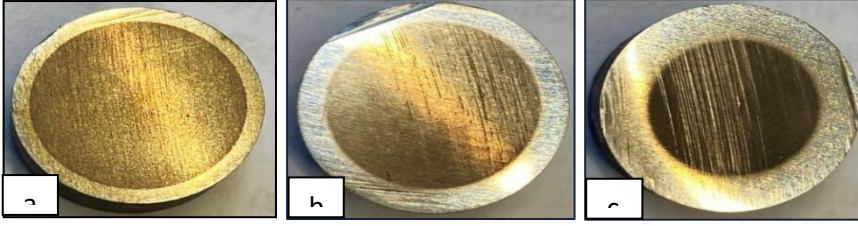
Tablo 1. Kullanılan parçaların kimyasal bileşimleri ve standart spekt aralıkları

%	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu
1040 çubuk	0.42	0.34	0.64	0.005	0.006	0.12	0.21
5140 çubuk	0.40	0.28	0.72	0.008	0.004	0.98	-
Standart SAE 1040	0.37-0.44	≤0.4	0.5-0.8	≤0.045	≤0.045	≤0.4	≤0.1
Standart SAE 5140	0.38-0.45	≤0.4	0.6-0.9	0.025	0.035	0.9-1.2	-

Tablo 2. Hammadde olarak kullanılan çubukların sertlik değerleri

	1040 çubuk	5140 çubuk
Sertlik değeri (HB)	174	186

İndüksiyon ile yüzey sertleştirme uygulanarak 1 mm, 2 mm ve 3 mm sertlik derinliklerinde 55 HRC – 60 HRC arasında sertlik değerleri elde edilerek yorulma çubukları elde edilmiştir.



Şekil 6. İndüksiyon derinliği, a) 1 mm, b) 2 mm ve c) 3 mm

Çelik alaşımı parçalar için standart metalografi numune hazırlama işlem adımları SiC zımpara kâğıtlarıyla zımparalama (180 μ -2400 μ arası), 3 mikron elmas süspansiyon ile parlatma yapılmıştır. Daha sonra nital (%2 HNO₃ ve %98 alkol) karışımı hazırlanarak, parçalar bu karışımda yaklaşık 9 saniye tutularak dağlama işlemi tamamlanmıştır. NIKON MA 200 Optik mikroskopta mikro yapı kontrolleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 7. Optik mikroskopta Clemex programı ile sertlik derinliklerinin kontrolleri, sırasıyla 1,1 mm, 2,2 mm ve 2,7 mm

Sertlik analizi, 30 g'lık bir yük altında ve 20 saniyelik bekleme süresiyle bir mikrovickers sertlik test cihazı ile ölçülmüştür. Sertlik sonuçları aşağıda bulunan tabloda verilmiştir. Sertlik dağılımı 0.5 mm aralıklarla parça yüzeyinden 2 mm merkeze doğru ölçülerek analiz edilmiştir.

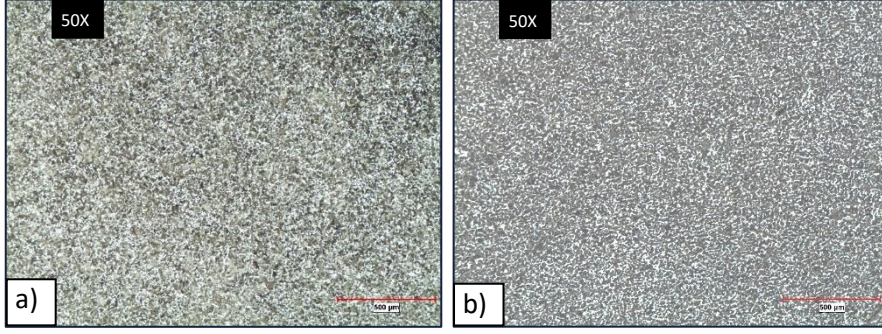
Yorulma testi için parçaların performanslarının belirlenmesinde R=-1 genliğinde deneyler gerçekleştirilmiştir. Testler Wöhler minör teoremine göre yapılmıştır. Her 250.000 çevrimde başlangıç yükünün %10'u kadar verilen yükler arttırılmaktadır. Yük seçimi yapılırken malzemenin akma dayanımının %60'ına göre hesaplanmıştır. Test düzeneğinde sabit bir kule ile 30 ton kapasitesinde hidrolik aktüatör kullanılmıştır.



Şekil 8. Yorulma test düzeneği

Bulgular ve Tartışma

Kullanılan sıcak çekim çubukların kimyasal kompozisyonları SAE standartlarına uygun olduğu kimyasal bileşim analizi ile belirlenmiştir. Analize göre 1040 alaşımında krom ve bakır elementlerinin olması önem arz etmektedir. Nitekim sıcak çekim 1040 alaşımı çubuğun mikro yapısında perlit fazının hâkim olduğu görülmektedir. Aynı zamanda sertlik değerlerinin iki alaşım için de birbirine yakın olması 1040 alaşımındaki krom ve bakır ile birlikte perlit fazının yüksek olmasından olabileceği belirlenmiştir.



Şekil 9. a) 1040 çubuk mikro yapısı, b) 5140 çubuk mikro yapısı

Daha sonra yapılan indüksiyon yüzey sertleştirme işlemi ile 1 mm, 2 mm ve 3 mm sertlik derinliklerinin istenilen şekilde elde edildiği yapılan ölçüm kontrollerinde belirlenmiştir. İndüksiyon ile yüzey sertleştirme işleminin yüzeydeki sertlik değeri analizleri Tablo 3 ve Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 3. 1040 çubuk için 0.5 mm aralıklarla sertlik değeri ölçümleri

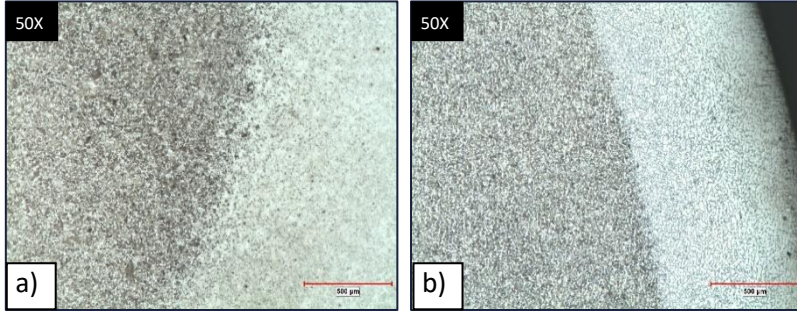
1040 çubuk		Sertlik değeri							
		0,5 mm	1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm	2,5 mm	3,0 mm	3,5 mm	4,0 mm
İndüksiyon sertlik derinlikleri	1 mm	57 HRC	58 HRC	176 HB	179 HB	177 HB	176 HB	179 HB	180 HB
	2 mm	55 HRC	56 HRC	57 HRC	57 HRC	176 HB	180 HB	177 HB	176 HB
	3 mm	55 HRC	58 HRC	57 HRC	56 HRC	57 HRC	57 HRC	176 HB	178 HB

Tablo 4. 5140 çubuk için 0.5 mm aralıklarla sertlik değeri ölçümleri

5140 çubuk		Sertlik değeri							
		0,5 mm	1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm	2,5 mm	3,0 mm	3,5 mm	4,0 mm
İndüksiyon sertlik derinlikleri	1 mm	57 HRC	58 HRC	176 HB	179 HB	177 HB	176 HB	179 HB	180 HB
	2 mm	55 HRC	56 HRC	57 HRC	57 HRC	176 HB	180 HB	177 HB	176 HB
	3 mm	55 HRC	58 HRC	57 HRC	56 HRC	57 HRC	57 HRC	176 HB	178 HB

Mikro Vickers sertlik ölçümü yapılan 1 mm, 2 mm ve 3 mm sertlik derinliklerine sahip parçaların istenilen şekilde uygun sertlik aralıkları elde edilmiştir. İndüksiyon ile yüzey

sertleştirme sonucunda oluşan yüzey mikro yapıları Şekil 10’da verilmiştir. Hızlı soğutma sonucunda oluşan martenzit fazı yüzey sertlik değeri ile birbirini destekler niteliktedir.



Şekil 9. a) 1040 çubuk yüzey yapısı, b) 5140 çubuk yüzey yapısı

Elde edilen 1040 ve 5140 alaşımı yüzey sertleştirilmiş yorulma çubukları yorulma testine tabii tutulmuş ve yorulma sonuçları ve kırık yüzeyleri Tablo 5 ve Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 5. Yorulma testi sonucu kırık yüzey görüntüleri

SAE 1040			
Sertlik derinlikleri	1 mm	2 mm	3 mm
Mak. Çevrim sayısı	358859	623872	1 206486
Kırık yüzey görüntüleri			
SAE 5140			
Sertlik derinlikleri	1 mm	2 mm	3 mm
Mak. Çevrim sayısı	365432	634595	956935
Kırık yüzey görüntüleri			

Tablo 6. Yorulma testi sonucu çevrim sayıları

SAE 1040

Sertlik derinlikleri	1 mm	2 mm	3 mm
1.numune	358859	613414	1206486
2.numune	324517	622769	942622
3.numune	330977	623872	945879
SAE 5140			
Sertlik derinlikleri	1 mm	2 mm	3 mm
1.numune	331851	634595	940642
2.numune	365432	615784	956935
3.numune	317039	621107	932374

Yorulma testi sonuçlarına göre 1040 alaşımı çubuklar içerisinde en yüksek çevrim sayısı 1 206 468 ile 3 mm sertlik derinliğine sahip parçada olmuştur. 5140 alaşımında ise yine 3 mm derinliğe sahip parçada 956 935 çevrim sayısı sonrasında kırılma gerçekleşmiştir. Yüzeydeki sertlik derinliğinin 3 mm olması en yüksek çevrim sayısının elde edildiğini göstermektedir.

Kırık yüzey değerlendirmesinde ise maksimum çevrim sayısına ulaşan 3 mm derinliğe sahip 1040 alaşımının kırık yüzeyi, 3 mm derinliğe sahip 5140 alaşımı parçanın kırık yüzeyine göre yorulmuş olan bölge daha fazla bir alan kapladığı ve daha ince bir kırılmanın gerçekleştiği görülmektedir. Her iki alaşım için değerlendirme yapıldığında fiyat – yorulma dayanımı performansı açısından SAE 5140 alaşımı yerine SAE 1040 alaşımının kullanılabilirliği ortaya konmuştur.

Kaynakça

- Altinel K, (2015). Rot başlarında indüksiyon yüzey sertleştirme işleminin ömür ve mekanik kuvvet dayanımlarına etkisi.
- Çiğeroğlu, E, (2013). Araç Sürüş Konforunun Artırılması için Pasif Titreşim Sönümleyicilerinin Geliştirilmesi ve Test Edilmesi, TÜBİTAK PROJE NO: 110M648, ANKARA.
- Ingenieria Y, (2019). Suspension System: Components, Types And Working Principle. Mecanica Automotriz.
- Kutlak H, Uygur İ, (2014).Ticari Araç Sac Salıncak Düzeninin Sonlu Elemanlar Metodu İle Yorulma Analizi. Düzce Üniversitesi Bil. ve Tek. Dergisi, 235–250.
- Vieweg A, Ressel G, Prevedel P, Raninger P, Panzenb M, (2015). Induction hardening: Differences to a conventional heat treatment process and optimization of its parameters, International Conference on Materials, Processing and Product Engineering.
- Watrin J.C., Makich H, Haddag B, Nouari M, Grandjean X, (2013). Analytical modelling of the ball pin and plastic socket contact in a ball joint. LEMTA, CNRS-UMR 7563, Lorraine University, LARIOPAC : Laboratoire commun de recherche public-PME, LabCom – Vague 2 – 2013, GIP-InSIC, 27 rue d’Hellieule Saint-Diédes-Vosges F-88100, France.

Probiyotik Mikroorganizmaların Sindirim Sistemindeki Canlılığı ve Canlılıklarını Etkileyen Faktörler

Sena Tirtom*, Aslı Akpınar

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Manisa, Türkiye
*sena.tirtom.1912@gmail.com

Giriş

Tüketicilerin yaşam tarzları konusunda gün geçtikçe bilinçlenmeye başlaması, bağırsak mikrobiyotası üzerinde sağlıklı bir etkiye sahip olan probiyotik mikroorganizmalar içeren fonksiyonel gıdalara olan talebi de arttırmaktadır (Martins ve ark., 2013). FAO/WHO’ya göre probiyotikler “yeterli sayıda bulduklarında konakçıya sağlık açısından fayda sağlayan canlı mikroorganizmalar” olarak tanımlanmaktadır (Hossain ve ark., 2021). Uluslararası Süt Ürünleri Federasyonu (IDF), probiyotik mikroorganizmaların sağlık üzerine yararlı etki gösterebilmeleri için minimum terapötik seviyesinin tüketim sırasında gıdada en az 10^6 - 10^7 kob/ml veya g olması gerektiğini önermiştir (Hossain ve ark., 2021; Li ve ark., 2023). Probiyotik mikroorganizmalar kolesterolü düşürmek, laktoz intoleransını azaltmak, mide-bağırsak enfeksiyonlarıyla mücadele etmek, antikarsinojenik etki göstermek, ürogenital enfeksiyonların önlenmesine katkı sağlamak, kabızlığı gidermek gibi birçok sağlık yararı sağlamaktadırlar (Coşkun ve Dirican, 2019; Li ve ark., 2023). Endüstride, geliştirilen yenilikçi ürünler yoluyla popüler gıda ürünlerinde önerilen probiyotik canlılığının sürdürülmesine yönelik artan bir ilgi vardır. Gıda formülasyonları yoluyla yeterli miktarda probiyotik tüketimi, probiyotiklerin bağırsak mikrobiyotası ve gastrointestinal sistem üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı bağırsağın korunmasına yardımcı olabilmektedir (Hossain ve ark., 2021). Gastrointestinal sistem vücutta besinlerin sindirimi, emilimi, absorpsiyonu, patojenlere karşı koruma sağlaması ve bağışıklık sistemini güçlendirmesi gibi birçok işlevi yerine getirmektedir. Gastrointestinal sistem kaynaklı hastalıklar, büyük ölçüde uygun olmayan beslenme alışkanlıkları ve yaşam tarzıyla ilişkilendirilmektedir. Bu anlamda bağırsaktaki faydalı mikroorganizmalar olan probiyotikler önemli beslenme ve fizyolojik açıdan önemli rol oynamaktadır (Das ve Hyderabadwala, 2019). Probiyotik mikroorganizmaların gastrointestinal sistemde sağlık yararı sağlaması için belirli seviyede canlılık özelliği göstermeleri gerektiğinden dolayı gastrointestinal sisteme geçişleri sırasında canlılıklarını etkileyen birçok parametre de bu kapsamda önem taşımaktadır. Bu derlemede probiyotik mikroorganizmaların canlılığı üzerinde gıda matrisinin, mikroenkapsülasyon uygulamasının ve farklı tür kullanımının etkisi değerlendirilecektir.

Probiyotik Mikroorganizmaların Genel Özellikleri

Sağlık üzerine yararlı etkileri olan ve bağırsaklarda canlılığını koruyabilen mikroorganizmalar olarak tanımlanan probiyotiklere olan ilgi 20. yüzyılın başlarında Rus bilim insanı Elie Metchnikoff’un daha uzun süreli bir yaşam için laktobasilleri içeren fermente süt ürünlerinin tüketimini tavsiye etmesiyle başlamıştır (Göçer ve ark., 2016). Probiyotik kelimesi ilk olarak 1965 yılında Lily ve Stillwell tarafından tanımlanmıştır. Latince “pro” ve “bios” kelimelerinden türetilmiş olup Yunanca “yaşam için” anlamına gelmekte ve geçen uzun zaman boyunca farklı

anamlarda kullanılmıştır (Ceyhan ve Alıç, 2012; Çelikel ve ark., 2018). Günümüzde probiyotikler yeterli miktarlarda vücuda alındıklarında sindirim sistemi mikroflorasını geliştirerek konakçının sağlığına faydalı etkiler sağlayan canlı mikroorganizmalar olarak tanımlanmaktadır (Akan ve Kınık, 2015; Çelikel ve ark., 2018). Probiyotikler yeterli miktarda alındıklarında konağın sağlığını olumlu yönde etkileyen sindirim kanalı mikroorganizmalarıdır (Ceyhan ve Alıç, 2012).

Bir mikroorganizmanın probiyotik olarak değerlendirilebilmesi için belirli özelliklere sahip olması gerekmektedir. Probiyotik olarak kullanılan mikroorganizmalarda aranan özellikler şunlardır:

- Mide asidi, safra tuzları ve lizozim enzimine dirençlidirler,
- Güvenilir olmalı, yan etki oluşturmamalıdır,
- Stabil olmalı, düşük pH ve safra tuzları gibi olumsuz çevre koşullarından etkilenmeden bağırsakta metabolize olmalı,
- Patojenlere karşı antagonistik etki göstermeli,
- Antimikrobiyal maddeler üretmeli,
- Antibiyotiklere karşı dirençli olmalı,
- Bağırsak mukozasına tutunabilme yeteneğine sahip olmalıdır (Ceyhan ve Alıç, 2012).
- Probiyotik suşlar öncelikle toksin üretmeyen ve vücuda alındıklarında sağlığa zarar vermeyen GRAS “Generally Regarded As Safe” statüsündeki mikroorganizmalardan seçilmelidir.
- İnsan sağlığı üzerine olan olumlu etkileri klinik çalışmalarla desteklenmelidir.
- Üretiminde kullanılan gıdanın üretim ve depolama süresince canlılığını ve aktivitesini koruyabilmelidir.
- Konakçıda hastalıklara karşı direnç gibi yararlı etkiler oluşturabilmektedir (Göçer ve ark., 2016).

Tek bir suşun probiyotik statüsüne ulaşması için onun sindirim sürecine direncini ve sağlık açısından fayda sağlama yeteneğini de değerlendirmek gerekmektedir. Probiyotik suşların seçiminde endüstriyel üretim süreçlerine direnç de çok önemlidir (Rodrigues ve ark., 2019).

Probiyotik Mikroorganizmaların Sindirim Sistemindeki Canlılıkları

İntestinal mikroflora ile sağlıklı yaşam arasındaki ilişki üzerine çalışmalar yoğunlaşmaya başlamış ve bunun sonucunda da bağırsak mikrobiyotası ve konakçının sağlığı arasında doğrudan bir ilişki olduğu konusu netlik kazanmaya başlamıştır (Göçer ve ark., 2016; Li ve ark., 2019). Bağırsak mikrobiyotası çeşitli beslenme, metabolik, endokrin, immünolojik ve psikolojik mekanizmalarla ilişkili mikroorganizmalardan oluşan karmaşık bir ekosistemdir. Bağırsak bariyerinin korunması, immün modülasyon, besin metabolizması, biyoaktif bileşiklerin ve vitaminlerin sentezi, sindirilmeyen karbonhidratların fermentasyonu gibi işlevleri bulunmaktadır (Rodrigues ve ark., 2019). Bağırsak mikrobiyotası, bağırsak-beyin eksenini yoluyla merkezi sinir sisteminin gelişimini etkilediğinden dolayı buradaki herhangi bir dengesizlik, bağırsak fonksiyonunda bozulmaya yol açarak depresyon, şizofreni, Parkinson gibi çeşitli hastalıklara neden olabilmektedir. Benzer şekilde bağırsak-karaciğer etkilenmesi sonucu zararlı bakterilerin çoğalması ve toksik maddelerin birikmesiyle de karaciğer hasarı riski artabilmektedir. Ayrıca bağırsak mikrobiyotasındaki bazı anormallikler ishal, bağırsak kanseri, gıda alerjileri vb. birçok rahatsızlığa neden olabilmektedir. Dolayısıyla bağırsak mikrobiyotası ve insan sağlığı arasında güçlü bir korelasyon bulunduğundan dolayı büyük önem taşımaktadır (Li ve ark., 2019).

Bilim insanları da yaptıkları çalışmalar sonucunda gastrointestinal kanalın yararlı mikroorganizmalar ile kolonize edilerek hastalıklara karşı riskin azaltılabileceğini göstermişlerdir. Gastrointestinal floranın probiyotik tüketimiyle desteklenmesinin, sağlık üzerindeki olumlu etkileri uzun yıllardır bilinmekte ve daha sağlıklı bir yaşam sürmek, vücut direncini arttırmak, intestinal düzensizliklerle ve hastalıklarla mücadele etmek için probiyotik tüketiminin gerekli olduğu klinik deneylerle ispatlanmıştır. Laktoz intoleransını azaltması, hiperkolesterolemi, ürogenital enfeksiyonları önlemesi, *Helicobacter pylori* kaynaklı mide rahatsızlıklarının iyileştirilmesi, sindirim sistemi enfeksiyonlarını engellemesi, kolesterolü düşürerek kalp damar hastalıklarını engellemesi ve bağışıklık sistemini güçlendirmesi sağlığa olan yararlı etkilerini oluşturmaktadır (Göçer ve ark., 2016). Ayrıca bağırsak epitel hücrelerine yapışma özelliği sayesinde probiyotikler, mikrobiyotayı ve sindirim sürecini iyileştirir, patojenlere karşı koruma sağlar ve potansiyel antikarsinojenik özellikler oluşturabilmektedir (Silva ve ark., 2021). Yapılan *in vitro* ve *in vivo* çalışmalarla probiyotik ürünlerdeki canlılığın yanı sıra probiyotik ürün tüketimi sonrası probiyotik mikroorganizmaların insan sindirim sisteminden geçişi sırasındaki canlılık düzeyi de araştırılmaktadır. Bu mikroorganizmaların sindirim sistemindeki geçişi sırasındaki canlılıklarını etkileyen faktörler bu araştırma kapsamında önem taşımaktadır.

Mide, ince bağırsak (duodenum, jejunum ve ileum) ve kalın bağırsak (kolon, cecum ve rektum), gastrointestinal sistem kanalındaki pH farkının mevcut olduğu üç merkezi bölgedir (Luo ve ark., 2022). Mide asidine direnç ve safra tuzlarına tolerans, mikroorganizmaların probiyotik olarak kabul edilmesi için iki temel özelliktir (Silva ve ark., 2019). Başka bir deyişle, bakterilerin faydalı etkilerini gösterdikleri gastrointestinal sistemde (GIS) probiyotik olarak görev yapabilmeleri için midedeki asidik koşullarda hayatta kalabilmeleri ve ince bağırsağın başlangıcındaki safra asitlerine karşı direnç gösterebilmeleri gerekmektedir (Rouhi ve ark., 2013). Bu, onların asidik mide koşullarında hayatta kalmalarına ve gastrointestinal sistemden geçiş sırasında ince bağırsaktaki safra tuzlarına direnç göstermelerine olanak sağlamaktadır (Silva ve ark., 2019). Asit ve safra tuzuna tolerans özelliğine sahip olmaları, pH'nın 1.5'e kadar düşebildiği midede ve asidik ürünlerde probiyotik mikroorganizmaların canlı kalabilme kabiliyetini etkilemektedir (Sağdıç ve ark., 2004). Ayrıca probiyotik hücrelerin hücre zarı bütünlüğü hücre içi pH'sı ve fonksiyonel enzimleri, sindirim sistemindeki yolculuğundaki mide asiditesi, safra asitleri ve sindirim enzimleri gibi stres faktörleri tarafından zorlanabilmektedir (Rodrigues ve ark., 2019).

Silva ve ark., (2021), yapmış oldukları bir çalışmada ticari probiyotik hücrelerin canlılığını *in vitro* gastrointestinal simülasyon yoluyla ve ürün etiketlerinde bulunan bilgileri analiz ederek değerlendirmeyi amaçlanmıştır. 11 ticari probiyotik örneği bu anlamda analiz edilmiş ve *in vitro* simülasyondan önce ve sonra canlı hücre sayımları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, yalnızca iki numunenin etiketlerinde belirtilen başlangıç konsantrasyonuna sahip olduğunu ve dört numunenin ileum kısmında 3 log kob/ml konsantrasyonda bulunduğunu göstermiştir. Mide-bağırsak simülasyonu sırasında tüm numunelerin konsantrasyonunda 1-4 log kob/ml arasında değişen bir konsantrasyon düşüşü gözlenmiştir. Çalışma sonucunda çoğu probiyotik takviyesinin vadettiği yararı karşılamadığı ve bu ürün çeşidinin ticarileştirilmesi üzerinde daha fazla denetim ve kontrol olması gerektiği sonucuna varılmıştır. Gastrointestinal simülasyondan sonra yalnızca altı numune (bu numuneler *L. acidophilus* LA-14, *L. acidophilus* NCFM ve *B. animalis* CNCM I-2494 suşlarını içermektedir) ince bağırsağın ileumunda 6 log kob/ml'nin üzerinde bir konsantrasyon göstermiştir ve bu miktar, konakçıda probiyotik mikroorganizmanın faydasını teşvik etmek için ideal olarak tahmin edilmiştir.

Probiyotik Mikroorganizmaların Sindirim Sistemindeki Canlılıklarını Etkileyen Faktörler

Uygun Suşun Seçimi

Probiyotik mikroorganizmaların asit ve tuzlara karşı hassasiyeti suşa göre farklılık göstermektedir. Kullanılacak probiyotik suşun seçiminde ince bağırsak tarafından salgılanan tuzlardan ve mide asitliğinden etkilenmemesi önem taşımaktadır (Çelikel ve ark., 2018). Dünya çapında kullanılan en yaygın mikroorganizmalar *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* cinslerine aittir (Martins ve ark., 2013). Özellikle *L. acidophilus* ve *Bifidobacterium*’un asit ve safra tuzlarına karşı dirençli olduğu ve gastrointestinal sistemdeki olumsuz koşullara karşı dayanıklılık gösterdiği belirlenmiştir (Çelikel ve ark., 2018).

Polonya marketlerinde mevcut olan ticari probiyotiklerden beş laktik asit bakterisi türünün simüle edilmiş gastrointestinal sistem koşulları altında hayatta kalma kabiliyetini değerlendirildiği bir çalışmada, beş probiyotik (*Bifidobacterium lactis* BB-12, *L. rhamnosus* GG, *L. casei*, *L. acidophilus*, *L. plantarum*) koruyucu kapsül olmadan bir gıda matrisine (tavuk-sebze çorbası) eklenmiş ve gastrik ve gastrointestinal geçişin simüle edilmiş koşullarına tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar, analiz edilen tüm ticari probiyotik suşları arasında *L. plantarum*’un uygulanan ortam koşullarına en dayanıklı olan mikroorganizma olduğu gözlemlenmiştir. Hem pH 4,0 ve 5,0’de *in vitro* gastrik koşullar altında, hem de safra tuzlarının test edilen tüm konsantrasyonlarında *in vitro* bağırsak koşullarında gözle görülür bir gelişim gösterdiği saptanmıştır (Stasiak-Rozanska ve ark., 2021).

Riberio ve ark. (2014), *Pediococcus acidilactici* B14’ün probiyotik özelliklerini değerlendirmek ve *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 ile birlikte potansiyel olarak simbiyotik soya bazlı bir tatlıda kullanıldığında gastrointestinal sistemdeki direncini incelemeyi amaçlamışlardır. *P. acidilactici* B14 pH 2,5’te %45,9, %0,3 safra tuzunda %72,4 ve pH 4,0’da gastrointestinal geçişten sonra %95,8 canlı kalma oranı gibi bazı önemli probiyotik özellikler göstermiştir. Sefalekssin, neomisin, vankomisin, sefotaksim ve penisilin G antibiyotiklerine karşı da tolerans gösterdiği gözlenmiştir. *Escherichia coli* ATCC 25922, *Bacillus cereus* ATCC 33018, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538P ve *Salmonella* spp. türlerini de inhibe etmeyi başarmıştır. *P. acidilactici* B14’ün *L. acidophilus* ATCC 4356 ile birleştirilmiş kültürü, pH 4,0’da gastrointestinal sistemden geçtikten sonra %92,4’lük bir canlı kalma oranı göstermiştir. Ayrıca gıda matrisinin varlığında, mide-bağırsak sistemine tabi tutulduktan sonra hücre canlılığında pH 2,0’da %9,9 ve pH 4,0’da %6,1’lik ortalama bir artış gözlemlendi. Bu, soya bazlı simbiyotik tatlı gibi fonksiyonel bir gıdanın geliştirilmesinde ilgili kültürün probiyotik olarak yeterliliğini karakterize etmiştir.

Gıda Matriksi

Gıda matrisleri, probiyotik mikroorganizmaların gerekli olan gelişim besinlerini sağlayan substratlardır. Yapılan araştırmalar sonucunda gıda matrislerinin (süt ürünleri, süt ürünü olmayan gıdalar ve kompozitler) probiyotik mikroorganizmaların gelişimini, canlılığını ve sağlığa yararlı etkilerini desteklemede önemli bir rol oynadığı belirlenmiştir. Özellikle fermente süt ürünleri probiyotik mikroorganizmalar için en sık kullanılan taşıyıcı matrislerdir. Bunun nedeni süt ve süt ürünlerinin düşük sıcaklıkta muhafaza edilmesi (4-8 °C), sınırlı raf ömrüne sahip olmaları (15-25 gün) ve probiyotiklerin gelişimi için gerekli besinler açısından zengin olmalarıdır (Kisan ve ark., 2021). Ancak bu ürünlerin tüketimi artan vegan/vejeteryan diyet

tercihi, laktoz intoleransı ve kolesterolü kısıtlayan diyet uygulamasına sahip tüketicilerin bulunması nedeniyle sınırlanmaktadır. Bu nedenle meyve, sebze ve tahıl bazlı gıda matrisleri başta olmak üzere süt ürünü olmayan alternatif gıda matrisleri üzerine araştırmalar artış göstermiştir (Martins ve ark., 2013).

Süt ürünleri, sebze suyu, tahıl karışımları gibi farklı gıda matrislerinde probiyotik mikroorganizmaların canlılığı ile ilgili birçok çalışma yapılmış ve bu çalışmaların sonucunda gıda matrisindeki farklılıkların probiyotik mikroorganizmaların canlılığını etkilediği ifade edilmiştir (Sheehan, Ross ve Fitzgerald, 2007; Coda, Lanera, Trani, Gobetti ve Di Cagno, 2012; Castro ve ark., 2013).

Kisan ve ark.’nın (2021), yapmış oldukları çalışmada simüle edilmiş gastrointestinal durum sırasında manda sütü ile yapılmış Ricotta peyniri (BMRC) matrisindeki probiyotik mikroorganizmaların canlılığını incelemişlerdir. Başlangıçta BMRC ve MRS sıvı besiyerindeki canlı *Lactobacillus acidophilus* LA-5 (NCDC 291) sayıları sırasıyla 7,75 log kob/ml ve 7,84 log kob/ml olarak gözlenmiştir. Sindirim sonrası *L. acidophilus*’un hayatta kalma yüzdesi MRS ve BMRC’de sırasıyla %72 ve %89 olarak gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak da zorlu sindirim koşulları sırasında organizmaya daha iyi koruma sağlayan süt proteininin tamponlama özelliği kapasitesi *L. acidophilus* LA-5’in hayatta kalmasını desteklemiştir. Çalışma, manda Ricotta peyniri matrisinin, zorlu gastrointestinal geçiş sırasında probiyotik organizmaya ek koruma sağlayabileceğini ve sonuçta canlı organizmaların sağlığa yararlı özelliklerini koruyabileceğini göstermiştir.

Hernández-Galán ve ark. (2017), bileşim (yağlı ve yağsız) ve yapı (sıvı ve jel) bakımından farklı olan süt matrislerinin sindirim yoluyla mikroorganizmaların hayatta kalma yeteneğini araştırmışlardır. *Streptococcus thermophilus*, *Brevibacterium aurantiacum* ve *Hafnia alvei*’nin canlılığı *in vivo* ve *in vitro* sindirim ile ölçülmüştür. *S. thermophilus* gastrik strese karşı duyarlı olup duodenum bölümünde bulunmazken, *B. aurantiacum* orta derecede duyarlılık göstermiş ancak duodenal strese karşı dirençli olduğu gözlenmiştir. *H. alvei* ise her iki ortama da dayanıklılık göstermiştir. Sonuçlar, süt matrislerinin sindirim sırasındaki koruyucu etkisinin, tampon kapasitesine veya mikroorganizmalar ile süt matrisleri (bileşenler ve mikro yapı) arasındaki etkileşimlere bağlı olmadığını göstermektedir. Çalışma, sindirim sırasında koruma sağlayan faktörlerin suşa bağlı olduğunu öne sürmektedir.

Rodrigues ve ark. (2019), süt matrislerinin (fermente süt ve dondurma) ve aynı miktarda inülin ve aynı canlı *L. acidophilus* ve *B. animalis* içeren bir besin takviyesinin simüle edilmiş sindirim sisteminde probiyotiklerin hayatta kalması üzerine etkilerini incelemeyi amaçlamışlardır. Fermente sütte gözlemlenen canlı hücre yüzdesi diğer ürünlerle karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur. Çalışma sonucunda, süt matrisleri, sindirim süreci sırasında probiyotiklerin canlılığını korumada besin takviyesine göre daha etkili olmuş ve fermente süttün, canlı probiyotikleri sağlamanın en iyi yolu olduğu belirlenmiştir.

Mikroenkapsülasyon

Gastrointestinal koşullarda probiyotik mikroorganizmaların hayatta kalmasını arttırmak için kapsülleme yöntemi kullanılmaktadır (Călinou ve ark., 2016). Mikroenkapsülasyon, probiyotik mikroorganizmaları olumsuz çevre koşullarından koruyan ve böylece kolona yüksek canlılık seviyesinde ulaşmasına yardımcı olan bir işlemdir. Mikrobiyal canlılığın etkili bir şekilde korunması, düşük enerji tüketimi ve sürekli üretim gibi avantajları nedeniyle püskürterek kurutma en çok tercih edilen yöntemdir (Li ve ark., 2023).

Temel kapstülleyici malzemeler arasında protein (jelatin ve peynir altı suyu proteini), polisakkaritler (kitosan, aljinatlar ve pektin) ve fruktooligosakkaritler (FOS) veya mikroorganizmaların korunmasını daha da geliştirmek için bu biyopolimerlerin çeşitli türlerinin bir kombinasyonu bulunmaktadır. Probiyotiklerin mikrokapsülasyonu için sprey kurutma, dondurarak kurutma (liyofilizasyon), akışkan yataklı kurutma, emülsifikasyon ve ekstrüzyon dahil olmak üzere çeşitli teknikler başarıyla kullanılmaktadır (Hossain ve ark., 2021).

Ranadheera ve ark. (2014), keçi süt ürününün probiyotik için taşıyıcı matriks olarak kullanılmasının, bu ürünün sindirim sürecinde koruyucu matriks görevi görebildiğini ve bu ürünün gastrointestinal sistemdeki fonksiyonel özelliklerini etkileyebileceğini bildirmiştir. Örneğin peynir matrisinde olduğu gibi probiyotiklerin yüksek oranlarda hayatta kalması, günümüzde endüstriyel olarak mevcut olan mikrokapsülleme yöntemleri gibi teknolojilerin uygulanmasıyla geliştirilmiştir. Püskürterek kurutma yoluyla mikrokapsülleme, çeşitli süt ürünlerine eklenecek probiyotiklere karşı koruyucu bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Mikroenkapsülasyonun koruyucu rolü probiyotik bakterilerin etrafında bir membran (duvar malzemesi) oluşturmak, yani onların kapsüllemesine neden olmaktadır. Probiyotik bakterilerin mikrokapsüllemesinde taşıyıcı ajan olarak da bilinen kapsülleyici malzemelerin farklı türlerinin kullanılması mümkündür. Tüm kapsülleyici malzemeler arasında en yaygın kullanılanı yağsız inek sütüdür. Ayrıca, probiyotik bakterilerin mikroenkapsülasyonunda taşıyıcı ajan olarak prebiyotiklerin de kullanıldığı yayınlanmış çok sayıda araştırma bulmak mümkündür.

Probiyotik bakterilerin mikroenkapsülasyonu ile ilgili farklı yöntemlerin kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda en çok ekstrüzyon, emülsiyon ve sprey kurutma teknikleri üzerine yoğunlaşmıştır. Yapılan çalışmalarda hem gıda matrislerinin (yoğurt, peynir, et, meyve suyu vb.) hem de mikroenkapsülasyon materyal farklılığının (aljinat, kitosan, gam vb.) probiyotik mikroorganizmaların canlılığı üzerine etkili olduğu belirtilmiştir (Mirzaei ve ark., 2012; Perez-Chabela ve ark., 2013; Anekella ve Orsat, 2013; Krasaekoopt ve Watcharapoka, 2014; Rodriguez-Huezo ve ark., 2014).

Ding ve Shah (2009), sprey kurutma yoluyla mikrokapsülasyonun, probiyotik kültürlerin işleme ve depolama sırasında ve ayrıca insan gastrointestinal sisteminden geçişleri sırasında hayatta kalmalarını artırabileceğini vurgulamaktadır. Ranadheera ve ark. (2015), keçi sütünün *Bifidobacterium* BB-12 için kapsülleyici ajan olarak başarıyla kullanılabildiğini ancak tam yağlı keçi sütünün prebiyotik ajanlarla (inülin ve oligofruktoz) birlikte kullanımının literatürde henüz belirtilmediğini bildirmiştir. Pinto ve ark. (2015), kapsülleyici matrisin, gastrointestinal geçiş sırasında probiyotik mikroorganizmalar için ve ayrıca gıda işlemede kullanılabilecek ısıl işlemlerden iyi bir koruma sağladığını belirtmiştir.

Verruck ve ark. (2017), *Bifidobacterium* BB-12 üzerindeki hasarın en aza indirilmesi ve mikroenkapsülasyon işlemi sonrasında canlı hücre sayısını optimize etmeyi amaçladıkları bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Taşıyıcı ajan olarak tam yağlı keçi sütü ve/veya prebiyotikler (inülin ve/veya oligofruktoz) kullanılmıştır. Serbest hücreler ve mikroenkapsüle edilmiş hücreler in vitro simüle edilmiş gastrointestinal koşullara tabi tutulmuştur. *In vitro* simüle edilmiş gastrointestinal koşullara tabi tutulduktan sonra en yüksek canlılık oranı tam yağlı keçi sütüyle üretilen mikrokapsüllerde (%94,29) gözlenirken bunu (%86,77) oranında tam yağlı keçi sütü ve inülinle üretilenler izlemiştir. Taşıyıcı ajanların tümü, mikrokapsüllere termal işlemler uygulandıktan sonra Bifidobakterilerin hayatta kalma oranını arttırmıştır.

Algaithi ve ark. (2022), *Lactobacillus reuteri* takviyeli deve sütü ile bebek maması üretmişlerdir. Püskürterek kurutma, simüle edilmiş bebek gastrointestinal sindirimi ve depolama koşulları (sıcaklık ve nem) yoluyla farklı matrislerde (sodyum aljinat ve galakto-oligosakkaritler) kapsüllemenin, *L. reuteri*’nin canlılığı ve ürünün fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda serbest hücreyle karşılaştırıldığında probiyotik hücre canlılığı, kapsülleme sonrası simüle edilmiş bebek gastrointestinal sindirim koşullarına karşı önemli ölçüde artış gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca çalışma kapsüllenmiş *L. reuteri* ile zenginleştirilmiş deve sütünün, uygun depolama koşullarında depolandığında fizikokimyasal özelliklerini ev probiyotik hücrelerin canlılığını koruyabilen bebek maması endüstrilerinde umut verici bir alternatif olarak önerilebileceğini öne sürmüştür.

Hossain ve ark. (2021), Na-aljinat (A1) ve Na-aljinat ve fruktooligosakkaritlerin (A2) yanı sıra alternatif kapsülleyici olarak kakao tozunun iki farklı formülasyonunu kullanarak probiyotiklerin işleme ve depolama koşulları ile zorlu gastrointestinal çevre koşullarının üstesinden gelip gelmeyeceğini görmeyi amaçlamışlardır. Her iki formülasyonda da *in vitro* gastrointestinal sindirim sırasında probiyotiklerin önemli ölçüde (8 log kob/ml) yüksek hayatta kalma kabiliyeti olduğunu sergilemiştir. Bu çalışma kakao tozunun, Na-aljinat ve FOS ile birlikte probiyotik kapsülleyici bir malzeme olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğunu ve probiyotik çikolata ürünlerinin geliştirilmesi için iyi bir taşıyıcı özelliği gösterdiğini ortaya koymuştur.

Prebiyotikler

Prebiyotik kavramı “sağlığa fayda sağlayan yerleşik mikroorganizmalar tarafından seçici olarak kullanılan bir substrat” olarak tanımlanmaktadır (Rodrigues ve ark., 2019). Prebiyotikler, probiyotiklerin gelişimini seçici olarak uyaran gıda bileşenleri içeren takviyeler veya gıdalardır (Das ve Hyderabadwala, 2019). İnulin ve oligofruktoz gibi prebiyotikler, kolondaki bakterilerin gelişimin ve/veya aktivitesini seçici olarak uyarak konakçıya fayda sağlayan, sindirilmeyen gıda bileşenleri (çözünür lif) olarak kabul edilmektedir (Verruck ve ark., 2017). Genel olarak inülin ve laktuloz, kalsiyum ve magnezyum gibi minerallerin emilimi gibi sağlık yararlarını arttırmak için gıdalar eklenebilen önemli prebiyotik kaynaklarıdır (Li ve ark., 2019). Prebiyotikler aynı zamanda mikrobiyotayı faydalı bir şekilde değiştirme yeteneğine sahip olup kolondaki kanser önleyici lezyon riskini azaltmak, lipid metabolizmasını modüle etmek ve kalsiyum emilimini arttırmak gibi potansiyel sağlık yararları göstermektedir (Rodrigues ve ark., 2019).

Meyvelerle zenginleştirilen fermente süt ürünleri, süt endüstrisinin bu pazar segmentinin yarısından fazlasını oluşturmaktadır. Meyve, posa ve kabuğun kullanılması, bağırsak mikrobiyotasının aktivitesini teşvik eden prebiyotik lifler ve besin kaynakları barındırdığından bu özellikleri probiyotik yoğurtlarla başarıyla birleştirilmiştir (Martins ve ark., 2013). En çok çalışılan ve yaygın olarak kullanılan prebiyotiklerden biri hindiba ve sarımsak gibi gıdalarda bulunan sindirilmeyen bir karbonhidrat olan fruktan inüлиндir (Rodrigues ve ark., 2019).

Li ve ark.’nın (2019), yapmış oldukları bir çalışmada bağırsak mikrobiyotası üzerindeki etkilerini belirlemek için probiyotikler (*Lactobacillus rhamnosus* AS 1.2466 ve *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* ATCC 11842) ve prebiyotikler (xylooligosaccharide ve kırmızı ginseng ekstraktları) farelere verilmiştir. Sonuçlar, probiyotiklerin ve prebiyotiklerin *Firmicutes/Bacteroidetes* oranını hızla azaltabildiğini, zararlı bakterileri (*Klebsiella* ve *Escherichia coli* gibi) inhibe edebildiğini ve faydalı bağırsak mikroorganizmalarının

(*Lactobacillus* gibi) gelişimini hızlandırabildiğini göstermektedir. Ek olarak, 0,12 g/kg vücut ağırlığı oranında intragastrik ksilooligosakkarit ilavesinden 20 gün sonra fare ileumunda *L. rhamnosus* kolonizasyonunun 7,48 log kob/mL seviyelerinde gözlenmiştir. Bu nedenle bu çalışma, probiyotiklerin ve prebiyotiklerin bağırsak mikrobiyotasının dengesini destekleyebileceğini ve uygun bir sinbiyotik kombinasyonunun etkilerinin faydalı olduğunu ve sinbiyotik açısından zengin yeni süt ürünlerinin geliştirilmesinin temelini attığını göstermektedir.

Sonuç

Sonuç olarak, probiyotik mikroorganizmaların konakçı üzerinde sağlık yararı sağlaması için bağırsak sisteminde belirli bir seviyede bulunması gerekmektedir. Bu gastrointestinal geçiş sırasında canlılıklarını etkileyen bazı faktörler bulunmaktadır. Kullanılan gıda matriksinin uygunluğu en önemli faktörlerden biridir. Gıda matriksi probiyotik mikroorganizmaların substratlarıdır. Gıda matriksinin probiyotik bakterilerin ürün içerisindeki canlılığına olan etkisinin yanında, gastrointestinal sistemde sindirim enzimlerinin varlığında ve asit ortamda yapıda bulunan protein ve yağ, onların canlılığını korumaktadır. Mikroenkapsülasyon işlemi probiyotik mikroorganizmaların canlılığını etkileyen bir diğer önemli faktördür. Mikroenkapsülasyon, probiyotik mikroorganizmaların çevresine fiziksel bir bariyer oluşturarak olumsuz çevre şartlarından korunmasını sağlayıp uygun ortamda serbest hale geçmesine olanak sağlayan bir işlemdir. Gıdalarda ve gastrointestinal geçişlerde bu tekniğin kullanım potansiyeli oldukça yüksektir. Seçilen mikroorganizmanın uygun olması ve gastrointestinal sisteme geçiş sırasında mide sıvısı, safra tuzu, sindirim enzimleri gibi yüksek asidik ortamlara maruz kaldığında canlılığını koruyabilmesi de bağırsak sistemine kadar canlı kalmasını etkileyen önemli diğer parametreleri oluşturmaktadır. Bunlara ek olarak probiyotik mikroorganizmaların gelişimini destekleyen yüksek değerlikli karbonhidratlar olan prebiyotiklerin varlığı ve türü de canlılık üzerinde etkilidir. Bu konuda ileride yapılacak olan çalışmalarda canlılığı etkileyen parametrelerin kombinasyonunun probiyotik mikroorganizmaların sindirim sistemindeki canlılığına etkilerinin araştırılması tavsiye edilmektedir.

Kaynakça

Akan, E., Kınık, Ö. (2015). Gıda Üretimi ve Depolanması Sırasında Probiyotiklerin Canlılıklarını Etkileyen Faktörler. CBÜ Fen Bil. Dergi., Cilt 11, Sayı 2, 155-166 s.

Algaithi, M., Mudgil, P., Hamdi, M., Redha, A.A. (2022). Ramachandran T, Hamed F, Maqsood S. 2022. *Lactobacillus reuteri*-fortified camel milk infant formula: Effects of encapsulation, *in vitro* digestion, and storage conditions on probiotic cell viability and physicochemical characteristics of infant formula. Journal of Dairy Science, Vol. 105 No. 11, 2022. doi: 10.3168/jds.2022-22008

Anekella, K., Orsat, V. (2013). Optimization of microencapsulation of probiotics in raspberry juice by spray drying. LWT-Food Science and Technology. 50: 17-24.

Călinou, L., Vodnar, D., Precup, G. (2016). The Probiotic Bacteria Viability under Different Conditions. Bulletin UASVM Food Science and Technology, 73(1) / 2016. doi: 10.15835/buasvmcn-fst:12448

Castro, W.F., Cruz, A.G., Bisinotto, M.S., Guerreiro, L.M.R., Faria, J.A.F., Bolini, H.M.A. (2013). Development of probiotic dairy beverages: rheological properties and application of mathematical models in sensory evaluation. Journal of Dairy Science, 96, 16-25.

- Ceyhan, N., Alıç, H. (2012). Bağırsak Mikroflorası ve Probiyotikler. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5 (1): 107-113, 2012.
- Coda, R., Lanera, A., Trani, A., Gobbetti, M., Di Cagno, R.. (2012). Yogurt-like beverages made of a mixture of cereals, soy and grape must: Microbiology, texture, nutritional and sensory properties. *International Journal of Food Microbiology*. 155, 120-127.
- Coşkun, F., Dirican, L.K.. (2019). Effects of pine honey on the physicochemical, microbiological and sensory properties of probiotic yoghurt. *Food Sci. Technol, Campinas*, 39(Suppl. 2): 616-625. doi: 10.1590/fst.24818
- Çelikel, A., Göncü, B., Akın, M.B., Akın, M.S.. (2018). Süt Ürünlerinde Probiyotik Bakterilerin Canlılığını Etkileyen Faktörler. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, Cilt 8 Sayı 1/2.
- Das, M., Hyderabadwala, F.A.. (2019). The study of prebiotic potential of peanuts and pistachios: The stimulatory effect on *Lactobacillus* growth. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2019; 8(3): 2404-2407.
- Ding, W.K., Shah, N.P. (2009). Effect of various encapsulating materials on the stability of probiotic bacteria. *J. Food Sci.*, 74, M100–M107. doi: 10.1111/j.1750-3841.2009.01067.x
- Göçer, E.M.Ç., Ergin, F., Küçükçetin, A. (2016). Sindirim Sistemi Modellerinde Probiyotik Mikroorganizmaların Canlılığı. *Akademik Gıda*, 14(2) (2016) 158-165.
- Hernández-Galán, L., Cattenoz, T., Feunteun, S., Canette, A., Briandet, R., Le-Guin, S., Guedon, E, Castellote, J., Delettre, J., Bony, E.D., Bonnarme, P., Spinnler, H.E., Campo, S.T.M., Picque, D. (2017). Effect of dairy matrices on the survival of *Streptococcus thermophilus*, *Brevibacterium aurantiacum* and *Hafnia alvei* during digestion. *Food Research International*, 100 (2017) 477–488. doi: 10.1016/j.foodres.2017.07.044
- Hossain, M.N., Ranadheera, C.S., Fang, Z., Ajlouni, S. (2021). Impact of encapsulating probiotics with cocoa powder on the viability of probiotics during chocolate processing, storage, and in vitro gastrointestinal digestion. *J. Food Sci.*, 2021; 86:1629–1641. doi: 10.1111/1750-3841.15695
- Kisan, B.S., Ganguly, S., Khetra, Y., Raju, P.N., Ashok, S.P., Sakhala, S. (2021). Effect of Ricotta matrix on viability of probiotic organism exposed to simulated gastro-intestinal (GI) digestion. *LWT-Food Science and Technology*, 151 (2021) 112099. doi: 10.1016/j.lwt.2021.112099
- Krasaekoopt, W., Watcharapoka, S. (2014). Effect of addition of inulin and galactooligosaccharide on the survival of microencapsulated probiotics in alginate beads coated with chitosan in simulated digestive system, yogurt and fruit juice. *LWT-Food Science and Technology*. 57: 761-766.
- Li, C., Niu, Z., Zou, M., Liu, S., Wang, M., Gu, X., Lu, H., Tian, H., Jha, R. (2020). Probiotics, prebiotics, and synbiotics regulate the intestinal microbiota differentially and restore the relative abundance of specific gut microorganisms. *Journal of Dairy Science* Vol., 103 No. 7, 2020. doi: 10.3168/jds.2019-18003
- Li, H., Peng, F., Lin, J., Xiong, T., Huang, T. (2023). Preparation of probiotic microcapsules using gelatin-xylooligosaccharides conjugates by spray drying: Physicochemical properties,

- survival, digestion resistance and colonization. *Food Bioscience*, 52 (2023) 102462. doi: 10.1016/j.fbio.2023.102462
- Lillo-Pérez, S., Guerra-Valle, M., Orellana-Palma, P., Petzold, G. (2021). Probiotics in fruit and vegetable matrices: Opportunities for nondairy consumers. *LWT-Food Science and Technology*, 151 (2021) 112106. doi: 10.1016/j.lwt.2021.112106
- Luo, Y., Souza, C., Ramachandran, M., Wang, S., Yi, H., Ma, Z., Zhang, L., Lin, K. (2022). Precise oral delivery systems for probiotics: A review. *Journal of Controlled Release*, 352 (2022) 371–384. doi: 10.1016/j.jconrel.2022.10.030
- Martins, E.M.F., Ramos, A.M., Vanzela, E.S.L., Stringheta, P.C., Pinto, C.L.O., Martins, J.M. (2013). Products of vegetable origin: A new alternative for the consumption of probiotic bacteria. *Food Research International*, 51 (2013) 764–770. doi: 10.1016/j.foodres.2013.01.047
- Mirzaei, H., Pourjafar, H., Homayouni, A.. (2012). Effect of calcium alginate and resistant starch microencapsulation on the survival rate of *Lactobacillus acidophilus* LA5 and sensory properties in Iranian white brined cheese. *Food Chemistry*. 132: 1966–1970.
- Perez-Chabela, M.L., Lara-Labastida, R., Rodriuez-Huezo, E., Totosaus, A. (2013). Effect of spray drying encapsulation of thermotolerant Lactic acid bacteria on meat batters properties. *Food Bioprocess Technology*. 6: 1505-1515.
- Pinto, S.S., Verruck, S., Vieira, C.R.W., Prudêncio, E.S., Amante, E.R., Amboni, R.D.M.C. (2015). Influence of microencapsulation with sweet whey and prebiotics on the survival of *Bifidobacterium* BB-12 under simulated gastrointestinal conditions and heat treatments. *LWT – Food Sci. Technol.*, 64, 1004–1009. doi: 10.1016/j.foodres.2014.11.038
- Ranadheera, C.S., Evans, C.A., Adams, M.C., Baines, S.K. (2014). Effect of dairy probiotic combinations on in vitro gastrointestinal tolerance, intestinal epithelial cell adhesion and cytokine secretion, *journal of functional foods*. 8C (2014) 18–25. doi: 10.1016/j.jff.2014.02.022
- Ranadheera, C.S., Evans, C.A., Adams, M.C., Baines, S.K. (2015). Microencapsulation of *Lactobacillus acidophilus* LA-5, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12 and *Propionibacterium jensenii* 702 by spray drying in goat's milk. *Small Rumin. Res.*, 123 (1), 155–159. doi: 10.1016/j.smallrumres.2014.10.012
- Riberio, M.C.O., Vandenberghe, L.P.S., Spier, M.R., Paludo, K.S., Soccol, C.R., Soccol, V.T. (2014). Evaluation of Probiotic Properties of *Pediococcus acidilactici* B14 in Association with *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 for Application in a Soy Based Aerated Symbiotic Dessert. Vol.57, n.5: pp. 755-765, September-October 2014. doi: 10.1590/S1516-8913201402258
- Rodrigues, V.C.C., Silva, L.G.S., Simabuco, F.M., Venema, K., Antunes, A.E.C. (2019). Survival, metabolic status and cellular morphology of probiotics in dairy products and dietary supplement after simulated digestion. *Journal of Functional Foods*, 55 (2019) 126–134. doi: 10.1016/j.jff.2019.01.046
- Rodriguez-Huezo, M.E., Estrada-Fernandez, A.G., Garcia-Almendarez, B.E., Ludena-Urquiza, F., Campos-Montiel, R.G., Pimentel-Gonzalez, D.J. (2014). Viability of *Lactobacillus plantarum* entrapped in double emulsion during Oaxaca cheese manufacture, melting and simulated intestinal conditions. *LWT-Food Science and Technology*. 59 (2): 768-773.

Rouhi, M., Sohrabvandi, S., Mortazavian, M. (2013). Probiotic Fermented Sausage: Viability of Probiotic Microorganisms and Sensory Characteristics. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53:331–348 (2013). doi: 10.1080/10408398.2010.531407

Sağdıç, O., Küçüköner, E., Özçelik, S. (2004). Probiyotik ve Prebiyotiklerin Fonksiyonel Özellikleri. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 35 (3-4), 221-228.

Sheehan, V.M., Ross, P., Fitzgerald, G.F. (2007). Assessing the acid tolerance and the technological robustness of probiotic cultures for fortification in fruit juices. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 8, 279-284.

Silva, M.N., Tagliapietra, B.L., Flores, V.A., Richards, N.S.P.S. (2021). *In vitro* test to evaluate survival in the gastrointestinal tract of commercial probiotics. *Current Research in Food Science*, 4 (2021) 320–325. doi: 10.1016/j.crfs.2021.04.006

Stasiak-Róžańska, L., Berthold-Pluta, A., Pluta, A.S., Dasiewicz, K., Garbowska, M. (2021). Effect of Simulated Gastrointestinal Tract Conditions on Survivability of Probiotic Bacteria Present in Commercial Preparations. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2021, 18, 1108. doi: 10.3390/ijerph18031108

Verruck, S., Carvalho, M.W., Liz, G.R., Amante, E.R., Vieira, C.R.W., Amboni, R.D.M.C., Prudencio, E.S.. (2017). Survival of *Bifidobacterium* BB-12 microencapsulated with full-fat goat’s milk and prebiotics when exposed to simulated gastrointestinal conditions and thermal treatments. *Small Ruminant Research*, 153 (2017) 48–56. doi: 10.1016/j.smallrumres.2017.05.008

Balda Mısır Şurubu Tağışının FTIR-ATR Spektroskopisi ile Belirlenmesi

Gizem Simge Kılınç, Simge Çimen, Neriman Bağdathoğlu*

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

*neriman.bagdathoglu@cbu.edu.tr

Giriş

Bal, arılar (*Apis mellifera*) tarafından çiçek nektarı veya bitki gövdesinde yaşayan bazı böceklerin salgısını kullanılarak üretilen doğal tatlandırıcı bir üründür (Ferreiro-González ve ark., 2018). Arılar, topladıkları nektar ve salgıları; amilaz ve invertaz (α -glukosidaz) enzimleriyle işledikleri için bal esas olarak invert şekerden oluşmakla beraber, proteinler, enzimler, vitaminler, mineraller, organik asitler ve çok çeşitli polifenoller gibi bileşikleri de ihtiva eder (Walker ve ark., 2022; Ranneh ve ark., 2021; Seraglio ve ark., 2019). Dolayısıyla bal, eşsiz lezzeti, yüksek besin değeri ve sağlığa olan faydaları nedeniyle yaygın olarak tüketilen değerli bir gıda ürünüdür. Son araştırmalar balın anti-kanser, antioksidan, antibakteriyel ve anti-inflamatuar etkilerini göstermiştir (Afrin ve ark., 2020; Cianciosi ve ark., 2018; Ranneh ve ark., 2021). Tüketicilerin bala olan talebinin ve ilgisinin artmasıyla birlikte bal tüketimi de giderek artmaktadır, ancak birçok ülke fazla nüfusu ve iklim koşulları sebebi ile yeterli bal üretimini karşılayamamaktadır. Tüm bunlar dikkate alındığında, yüksek fiyatı, tedarik sorunu ve küreselleşen gıda pazar koşulları balı taklit ve tağış uygulamalarına açık hedef haline getirmiştir (García, 2018; Hassoun ve ark., 2020). Balda tağış uygulamaları, doğrudan ve dolaylı olmak üzere ikiye ayrılır (Se ve ark., 2019; Naila ve ark., 2018). Doğrudan tağış, bala ticari şeker şuruplarının veya farklı balların ilave edilmesi, bir coğrafi bölgeye ait olmayan veya botanik olarak gerçeği yansıtmayan balların bu özellikleri içeriyormuş gibi etiketlenmesi gibi durumları içermektedir. Dolaylı tağış ise çiçek nektarının bulunmadığı zamanlarda bal arısı kolonilerinin bal, kimyasallar ve ticari şuruplarla beslenmesi, olgunlaşmamış balın toplanması ve depolama ile ilgili uygulamaları kapsamaktadır (Naila ve ark., 2018; Zhang ve ark., ve 2023). Balın tağışında ise en çok pancar şekeri, şeker kamışı şurubu, maltoz şurubu, mısır şurubu, invert şeker şurubu ve pirinç şurubu gibi ucuz ticari şeker şurupları kullanılmaktadır (Aliaño-González ve ark., 2019; Siddiqui ve ark., 2017). Haksız rekabetin önüne geçmek, üretici ve tüketiciyi hem ekonomik hem de sağlık açısından korumak için balın orijinallliğini tespit eden çeşitli analitik yöntemler kullanılmaktadır. Balın orijinallliğini tespit etme yöntemleri arasında fizikokimyasal analizler, spektroskopi, kromatografi, elektrokimyasal yöntemler, biyoanalitik yöntemler gibi birçok analiz yöntemi yer almaktadır.

Gıda kimlik doğrulamasında en yaygın olarak uygulanan geleneksel analiz yöntemleri yavaş, pahalı ve özel ek analiz bileşenlerine ihtiyaç duyulan yöntemlerdir (Lohumi ve ark., 2015). Bu nedenle, baldaki tağışı tespit etmek için hızlı, örneğe zarar vermeyen, kullanımı kolay ve düşük maliyetli ve çevre dostu analitik yöntemler geliştirmeye ihtiyaç vardır. FTIR, NIR ve Raman spektroskopik teknikleri geniş bir spektral aralıkta ve yüksek çözünürlüklü veri toplama avantajları nedeniyle gıda bilimleri alanında kalitatif ve kantitatif analiz için giderek daha fazla kabul görmektedir. Spektroskopik yöntemlerde, spektrumlardan elde edilen veri setleri çok

boyutlu olduğu için verilerin matematiksel ve istatistiksel olarak işlenmesi ve yorumlanması gerekmektedir. Bu sebeple spektral veriler çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemleri olarak bilinen kemometri ile değerlendirilmektedir. Klasik istatistiğin aksine kemometride birden çok değişken aynı anda değerlendirilir (Cuzzolino ve ark., 2011). Kalitatif ve kantitatif amaçlı olarak kullanılan en yaygın kemometrik teknikler Temel Bileşen Analizi (PCA), Doğrusal Ayırım Analizi (LDA), Kısmi En Küçük Kareler Diskriminant Analizi (PLS-DA), Kısmi En Küçük Kareler Regresyonu (PLS) ve Yumuşak Bağımsız Modelleme Analizi (SIMCA)’dır (Aliaño-González ve ark., 2019).

Kemometrik yöntemlerle kombine edilmiş FTIR analizleri balın kökeni ve baldaki tağşişin belirlenmesi alanında başarıyla uygulanmaktadır. Liang ve ark. (2013), altı farklı çiçek kökenine sahip 147 bal örneğini, PLS modelleri geliştirerek %100 oranında doğru sınıflandırmıştır. Latorre ve ark. (2013), coğrafi işaretli PGI-Galiçya balı “Mel de Galicia”, farklı kemometrik yöntemler kullanılarak değerlendirilmiş ve en iyi sonuç veren SIMCA modeli ile diğer ballardan %93,3 duyarlılık ve %100 özgülük ile ayırmayı başarmışlardır. Kelly ve ark. (2006) İrlanda balına yüksek fruktozlu mısır şurubu ve invert şurup ile yapılan tağşişi kalitatif olarak SIMCA yöntemi ile başarıyla tespit edilmiştir. Pierna ve ark. (2011) farklı kökene sahip balların sınıflandırılması için FT-Raman spektroskopisi ile birlikte PLS-DA analizini kullanmış ve geliştirilen modeller %85-%90 aralığında sınıflandırma oranı göstermiştir. Kumaravelu ve Gopal (2015), piyasadan toplanan 4 farklı bal örneğine jaggary şurubu ile yapılan tağşiş istatistiksel olarak 0,00751 kalibrasyon hatası ve R^2 0,9924 ile başarıyla tahmin edilmiştir. Lichtenberg-Kraag ve Etzold (2007) çeşitli botanik kökenleri olan balları FTIR spektroskopisi ve fiziksel-kimyasal yöntemler ile karakterize ederek doğru bir şekilde sınıflandırabilmiştir. Sivakesava ve Irudayaraj (2002) glukoz, fruktoz, sakkaroz, pancar ve şeker kamışı şurubu ile tağşiş yapılan balları MIR-NIR spektroskopisi ile; Velázquez ve ark. (2009) ise mısır şurubu, yüksek fruktozlu mısır şurubu ve invert şeker ile tağşiş yapılan balları FTIR spektroskopisi ile %100 doğru olarak sınıflandırmışlardır.

Bu çalışmada, Türkiye’nin çeşitli bölgelerinden temin edilen bal örneklerinin glukoz şurubu ile %10-70 arasındaki oranlarda tağşiş edilmesi ve örneklerin FTIR-ATR spektroskopisi ile elde edilen spektral verilerinin kemometrik yöntemler ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Materyal

Türkiye’nin çeşitli bölgelerindeki üreticilerden 72 adet süzme bal örneği toplanmıştır. Bal örnekleri ve glukoz şurubunun suda çözünür katı madde içerikleri 70°Brikse ayarlandıktan sonra 11 saf bal örneğine %10, 20, 30, 40, 50, 70 (a/a) oranlarında glukoz şurubu ilave edilmiştir. Saf bal örneklerinin yanı sıra 66 tane de tağşişli bal örneği hazırlanmıştır.

Metot

Bal örneklerine briks, nem, pH ve serbest asitlik analizleri uygulanmıştır (Bogdanov, 2002). Saf ve tağşişli bal örneklerinin spektral verileri FTIR-ATR (Thermo Scientific, USA) cihazında DTGS dedektörü ile toplanmıştır. Spektrumlar toplam 16 tarama sayısı ve 4 cm^{-1} çözünürlükte kaydedilmiştir. $4000\text{-}525\text{ cm}^{-1}$ dalga sayısı aralığında elde edilen FTIR spektrumlarının PCA analizleri SIMCA 14.1 (Umetrics, İsveç) paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

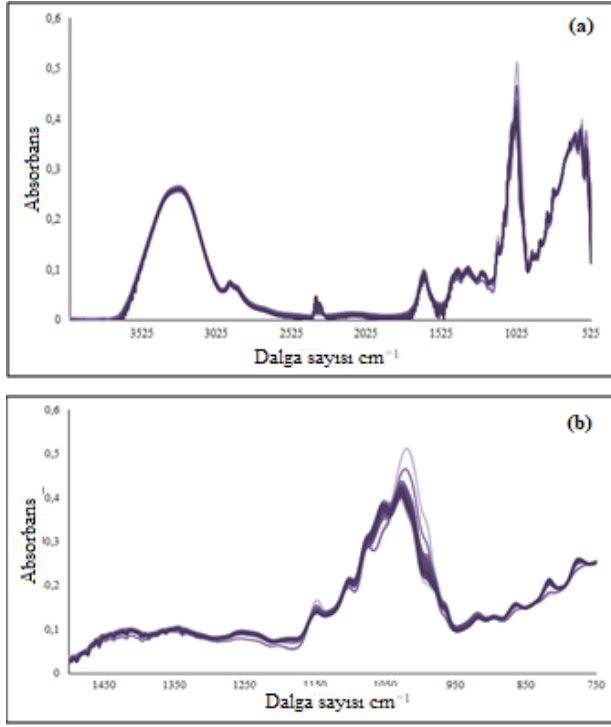
Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği’ne göre çiçek ve salgı ballarında sırasıyla nem değeri en fazla %20, serbest asitlik en fazla 50 meq/kg aralığında olmalıdır (TGK, 2020). Tablo 1’de bal örneklerine ait bazı analiz sonuçları verilmiş olup, tüm bal örneklerinin nem ve asitlik sonuçları TGK’a uygun bulunmuştur.

Tablo 1. Bal örneklerinin bazı fizikokimyasal analiz sonuçları

Bal analizleri	Çiçek (n:50)		Salgı (n:20)	
	en az	en çok	en az	en çok
Nem, %	16,4	20	16,6	19,8
Briks, °B	78,59	82,03	78,4	81,72
pH	3,64	5,5	3,95	5,86
Serbest Asitlik, %	13,76	42,75	19,71	41,54

Balların FTIR-ATR Spektrumunun Karakterizasyonu

Şekil 1’de 72 saf bal örneğinin 4000-525 cm^{-1} (a) ve 1500-750 cm^{-1} (b) dalga sayısı aralığında FTIR spektrumları verilmiştir. 3000-2800 cm^{-1} aralığı karboksilik asitlerin ve amino asitlerden kaynaklanan piklere karşılık gelmektedir (Formosa ve ark., 2020; Tewari ve Irudayaraj, 2004). 1500-750 cm^{-1} parmak izi bölgesi (Şekil 1-b), balın ana şekerlerinin ve organik asitlerinin karakteristik absorpsiyon bantlarına karşılık gelmektedir (Anjos ve ark., 2015). 1175-950 cm^{-1} arasındaki belirgin karakteristik pikler, karbonhidratlardaki gerilme titreşimlerine atfedilir: 1148 cm^{-1} pik sakarozun C–O–C bağındaki C–O gerilmesi ile ilişkili iken, 1080 ve 1022 cm^{-1} ise, glukoz ve fruktozun kimyasal yapısında C–OH grubundaki C–O gerilmesine karşılık gelmektedir (Ciursă ve ark., 2021; Horvatinec ve Svečnjak, 2020; Huang ve ark., 2021).

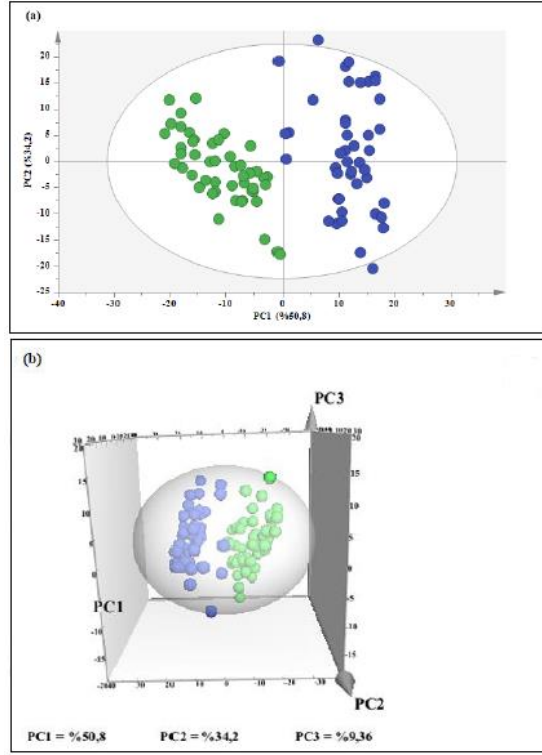


Şekil. 1. Saf bal örneklerinin FTIR spektrumları (a) 4000-525 cm^{-1} , (b) 1500-750 cm^{-1}

Temel Bileşen Analizi (PCA)

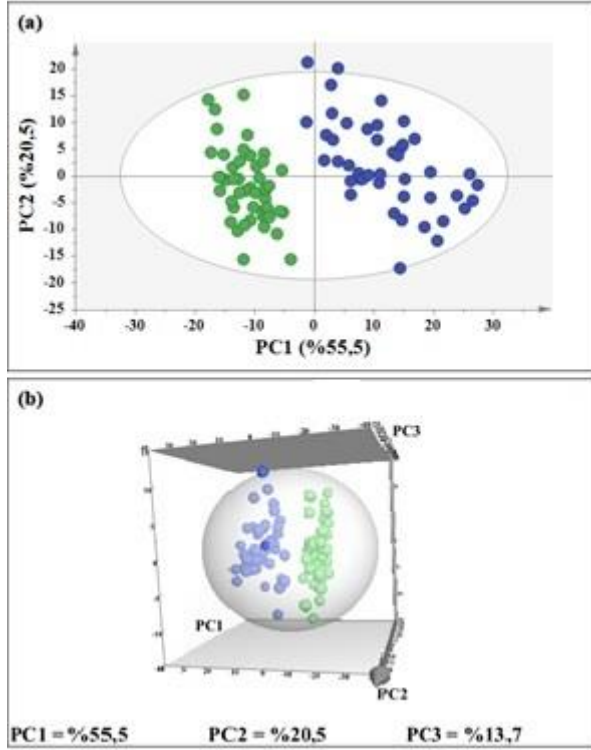
Saf bal örneklerini tağşişli bal örneklerinden net bir şekilde ayırt etmek için karbonhidrat bölgesini temsil eden 1500-750 cm^{-1} aralığı seçilmiştir. Saf ve tağşişli örneklerin gruplanmasını görselleştirmede, spektrum gürültülerini azaltmak, benzerlikleri ve farklılıkları vurgulamak için veri ön işleme teknikleri kullanılmıştır. Modeller oluşturulurken spektral ham veriye Birinci Türev (FD), İkinci Türev (SD), Çarpımsal Sinyal Düzeltme (MSC), Standart Normal Değişken (SNV), Savitzky-Golay (SG) gibi ön işlemler uygulanmıştır. Ham veri seti ile oluşturulan modelin PCA sonuçları Şekil 2’de verilmiştir. Ham veri setine farklı ön işlem uygulanmasında en iyi sonuçları veren row center ön işlemleri model seçilmiştir (Şekil 3). Row center ön işlemleri modelin hem iki hem de üç boyutlu PCA dağılım grafikleri elde edilmiştir.

PCA algoritması, örneklerin benzerlik ve farklılık düzeyine göre bir gruplandırma yapmaktadır. PCA skor grafiğinde her örnek bir nokta ile temsil edilmektedir. Ham veri seti ile oluşturulan modelde, PC1 ve PC2 toplam varyansın %85’ini açıklamaktadır (PC1: %50,8 ve PC2: %34,2). PCA sonuçları, farklı şuruplara göre bal örneklerinin gruplandırmasını göstermektedir. Grafiklerdeki yeşil noktalar (1) saf balları, mavi noktalar (2) Glukoz şurubu ile tağşiş yapılan balları temsil etmektedir.



Şekil 2. Ham veri seti oluşturulan PCA modelinin (a) iki boyutlu ve (b) 3 boyutlu dağılım grafikleri

Row center ön işlemlenmiş modelde, PC1 ve PC2 toplam varyansın %87,8'ini açıklamaktadır (PC1: %55,5 ve PC2: %20,5) (Şekil 3.a). Bu modelde 7 temel bileşen sayısı ile toplam varyasyonun %93,6'sı açıklanmaktadır. Şekil 2.b'de saf-tağışlı balların ve tagsişli balların da kendi aralarında oldukça net bir şekilde gruplandığı görülmektedir



Şekil 3. Row center ön işlemlenmiş PCA modelinin (a) iki boyutlu ve (b) 3 boyutlu dağılım grafikleri

Sonuç

Bala olan talebin artması nedeniyle, piyasada daha fazla kar elde etmek için birçok hileye başvurulmaktadır. Bu hileler, ucuz ticari tatlandırıcılar ve ucuz şeker şurupları ile yapılan tağşişlerdir. Bu çalışmada, bala mısır şurubu ile yapılan tağşiş FTIR-ATR spektroskopisi ile kemometrik yöntemler kullanılarak kalitatif olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar, bal örneklerine mısır şurubu ile yapılan tağşişlerin yüksek hassasiyet ve doğrulukla sınıflandırılmasının mümkün olduğunu göstermiştir. Ayrıca bu çalışma geleneksel kimyasal yöntemlere göre basit, hızlı, örneğe zarar vermeyen ve çevre dostu bir alternatif olarak kullanılabilirliğini göstermektedir.

Kaynakça

Afrin, S., Haneefa, S.M., Fernandez-Cabezudo, M.J., Giampieri, F., Al-Ramadi, B.K., Battino, M. (2020). Therapeutic and preventive properties of honey and its bioactive compounds in cancer: an evidence-based review. *Nutr Res Rev* 33:50–76. doi:10.1017/S0954422419000192

Aliaño-González, M.J., Ferreiro-Gonzalez, M., Espada-Bellido, E., Palma, M., Barbero, G.F. (2019). A screening method based on Visible-NIR spectroscopy for the identification and

quantification of different adulterants in high-quality honey. *Talanta* 203:235–241. doi:10.1016/j.talanta.2019.05.067

Anjos, O., Campos, M.G., Ruiz, P.C., Antunes, P. (2015). Application of FTIR-ATR spectroscopy to the quantification of sugar in honey. *Food Chem* 169:218–223.

Bogdanov, S. (2002). Harmonized methods of the International Honey Commission, CH-3003 Bern, Switzerland.

Cianciosi, D.T., Forbes-Hernández, S., Afrin, M., Gasparrini, P., Reboredo-Rodríguez, P., Manna, J., Zhang, L., Bravo Lamas, S., Martínez Flórez, P., Agudo, T. (2018). Phenolic compounds in honey and their associated health benefits: A review. *Molecules* 23 (9):2322. doi: 10.3390/molecules23092322

Chiurșă, P., Pauliuc, D., Dranca, F., Ropciuc, S., Oroian, M. (2021). Detection of honey adulterated with agave, corn, inverted sugar, maple and rice syrups using FTIR analysis. *Food Control* 130, 108266. doi:10.1016/j.foodcont.2021.108266

Cozzolino, D., Corbella, E., Smyth, H.E. (2011). Quality control of honey using infrared spectroscopy: a review. *Appl Spectrosc Rev* 46:523–538.

Ferreiro- González, M.E., Espada-Bellido, L., Guillen-Cueto, M., Palma, C.G., Barroso, and G. F. Barbero. (2018). Rapid quantification of honey adulteration by visible-near infrared spectroscopy combined with chemometrics. *Talanta* 188:288–92. doi: 10.1016/j.talanta.2018.05.095

Formosa, J.P., Lia, F., Mifsud, D., Farrugia, C. (2020). Application of ATR-FT-MIR for tracing the geographical origin of honey produced in the Maltese islands. *Foods* 9:710.

García, N.L. (2018). The current situation on the international honey market. *Bee World* 95(3):89-94. doi:10.1080/0005772X. 2018.1483814

Hassoun, A.I, Mâge, W.F., Schmidt, H.T., Temiz, L., Li, H.Y., Kim, H., Nilsen, A., Biancolillo, A., Ait-Kaddour, M., Sikorski (2020). Fraud in animal origin food products: Advances in emerging spectroscopic detection methods over the past five years. *Foods* 9 (8):1069. doi: 10.3390/foods9081069

Horvatinec, J., Svečnjak, L. (2020). Infrared (FTIR) spectral features of honey bee (*Apis mellifera* L.) hemolymph. *J Cent Eur Agric* 21:37–41.

Huang, T.K., Chuang, M.C., Kung, Y., Hsieh, B.C. (2021). Impedimetric sensing of honey adulterated with high fructose corn syrup. *Food Control*, 130, 108326.

Kelly, D.J., Cristina Petisco, C., Downey, G. (2006). Application of Fourier transform midinfrared spectroscopy to the discrimination between Irish Artisanal Honey and Such Honey Adulterated with various sugar syrups. *J Agric Food Chem* 54:6166–6171.

Kumaravelu, C., Gopal, A. (2015). Detection and quantification of adulteration in honey through near infrared spectroscopy. *Int J Food Propert* 18(9):1930–1935. doi:10.1080/10942912.2014.919320

Latorre, C.H., Crecente, R.M.P., Martín, S.G., García, J.B. (2013). A fast chemometric procedure based on NIR data for authentication of honey with protected geographical indication. *Food Chem* 141:3559–3565. doi:10.1016/j.foodchem.2013.06.022

- Liang, X.Y., Li, X.Y., Wu, W.J. (2013). Classification of floral origins of honey by NIR and chemometrics. *Advanced Materials Research* 605–607:905-909.
- Lichtenberg-Kraag, E., Etzold, B. (2007). Determination of the botanical origin of honey by Fourier-transformed infrared spectroscopy: an approach for routine analysis. *Eur Food Res Technol* 227:579–586.
- Lohumi, S., Lee, S., Lee, H., Cho, B-K. (2015). A review of vibrational spectroscopic techniques for the detection of food authenticity and adulteration. *Trends Food Sci Technol* 46:85–98.
- Naila, A., Flint, S.H., Sulaiman, A., Ajit, A., Weeds, Z. (2018). Classical and novel approaches to the analysis of honey and detection of adulterants. *Food Control* 90:152–165.
- Pierna, J.A.F., Abbas, O., Dardenne, P., Baeten, V. (2011). Discrimination of Corsican honey by FT-Raman spectroscopy and chemometrics. *Biotechnol Agron Soc Environ* 15:75–84.
- Ranneh, Y., Akim, A.M., Hamid, H.A., Khazaai, H., Fadel, A., Zakaria, Z.A. (2021). Honey and its nutritional and antiinflammatory value. *BMC Complement Med Ther* 21:30–46. doi: 10.1186/s12906-020-03170-5
- Se, K.W., Wahab, R.A., Syed Yaacob, S.N., Ghoshal, S.K. (2019). Detection techniques for adulterants in honey: challenges and recent trends. *J Food Compos Anal* 80:16–32. doi:10.1016/j.jfca.2019.04.001
- Seraglio, S.K.T., Silva, B., Bergamo, G., Brugnerotto, P., Gonzaga LV, Fett R, Costa ACO. (2019). An overview of physicochemical characteristics and health-promoting properties of honeydew honey. *Food Res Int* 119:44–66.
- Siddiqui, A.J., Musharraf, S.G., Choudhary, M.I., Rahman, A. (2017). Application of analytical methods in authentication and adulteration of honey. *Food Chem* 217:687–698
- Sivakesava, S., Irudayaraj, J. (2002). Classification of simple and complex sugar adulterants in honey by mid-infrared spectroscopy. *Int J Food Sci Technol* 37(4):351–360
- Tewari, J., Irudayaraj, J. (2004). Quantification of saccharides in multiple floral honeys using Fourier transform infrared microattenuated total reflectance spectroscopy. *J Agric Food Chem* 52:3237–43. doi:10.1021/jf035176+
- Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği Bal Tebliği. Başbakanlık Basımevi, Ankara. Tebliğ No:2020/7. Resmi Gazete 22.04.2020/31107.
- Velázquez TG, Revilla GO, Loa MZ, Espinoza YR. (2009). Application of FTIR-HATR spectroscopy and multivariate analysis to the quantification of adulterants in Mexican honeys. *Food Res Int* 42:313–318.
- Walker, M.J., Cowen, S., Gray, K., Hancock, P., Burns, D.T. (2022). Honey authenticity: the opacity of analytical reports—part 1 defining the problem. *NPJ Sci Food* 6(1):1. doi:10.1038/s41538-022-00126-6
- Zhang, X.H., Gu, H.W., Liu, R.J., Qing, X.D., Nie, J.F.A. (2023). Comprehensive Review of the Current Trends and Recent Advancements on the Authenticity of Honey. *Food Chem. X.* 19, 100850. doi: 10.1016/j.fochx.2023.100850.

Gıdaların Kalite ve Güvenilirliğinin Değerlendirilmesinde Biyosensörler

Pelin Özkaya¹, Seval Dağbağlı¹, Pınar Kara²

¹ Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Bölümü, Muradiye-Manisa, Türkiye

² Ege Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Analitik Kimya Bölümü, Bornova-
İzmir, Türkiye

*pelin.ozkaya@cbu.edu.tr

seval.dagbagli@cbu.edu.tr

pinar.kara@ege.edu.tr

Giriş

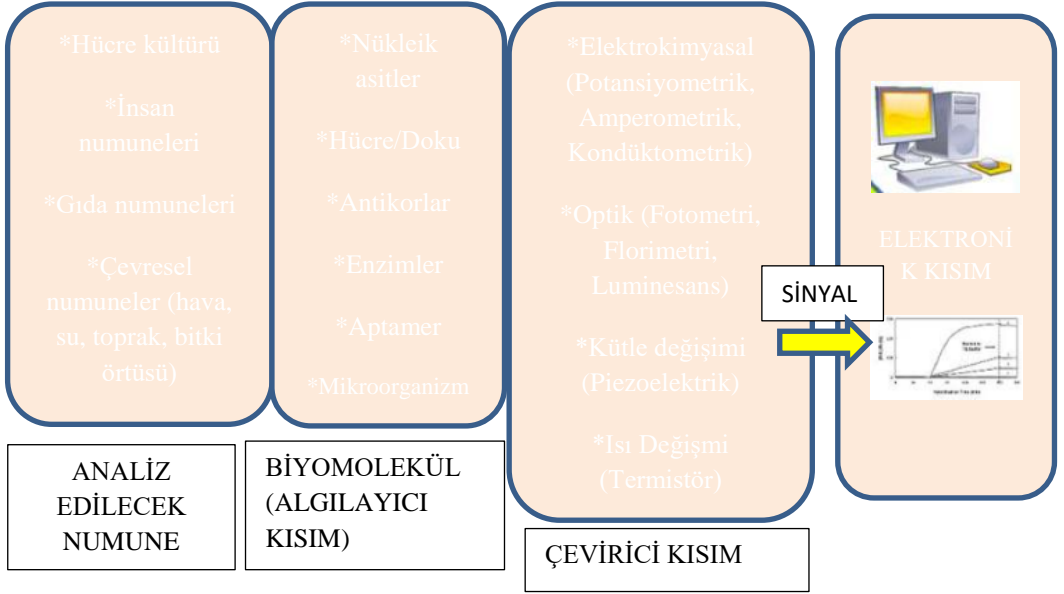
Gıdalarda kalite ve güvenilirliğin sağlanması ve sürdürülebilirliğine yönelik düzenlemeler ve uygulamalar, sağlık bilinci giderek artan tüketiciler tarafından da yakından takip edilmektedir. İlgili süreçler, ürünlere özgü kritik basamaklarda gerçekleştirilen test ve kontrollere bağlı bir akış ile ilerlemekte, bu konuda zaman ile yarış söz konusu olmaktadır. Bu noktada, geleneksel yöntemlerle (kromatografik, spektrofotometrik, titrimetrik, vb.) yapılacak test ve kontrollerin uzun zaman alan, yoğun ve nitelikli iş gücü gereksinimi ile malzeme sarfiyatını beraberinde getiren prosedürlere bağlı olması, son dönemdeki araştırmaların önemli bir bölümünü yenilikçi tekniklere yöneltmiş bulunmaktadır. Hatta ürünlerin sağlıklı, güvenilir ve mümkün olabilecek en yüksek besleyici özelliklere sahip vaziyette sunulmasının ötesinde, tüketicinin de dahil edildiği gerçek zamanlı izlemeler hedeflenmektedir (Kumudavally ve ark., 2001; Albeda ve ark., 2017; Qiao ve ark., 2017; Özkaya, Dağbağlı ve Kayaardı, 2021). Bu hedeflerin odağında ise biyosensörler ile sensör teknolojisi ve indikatörlerin bir arada kullanımına dayanan akıllı ambalajların başı çektiği yeni teknikler yer almaktadır (Öcal ve Karapınar, 2016). Bu tekniklerin kullanımı, gıdaların kimyasal veya mikrobiyolojik durumunu, dolayısıyla kalite ve güvenilirliğinin belirlenmesindeki kritik noktaların değerlendirilmesini kolaylaştırmaktadır. Hatta sensör entegrasyonlu akıllı ambalajlar, ürün kalitesinin çoğunlukla tazelik bakımından tüketici düzeyinde izlenebilirliğini mümkün kılmaktadır (Zhai ve ark., 2019; Mohammadinejad ve ark., 2020). Bu yönde yapılan çalışmalar detaylandırılmadan önce, gıdaların kalite ve güvenilirliğine yönelik unsurlar Şekil-1’de şematize edilmiştir.



Şekil 1. Gıdalarda güvenilirlik kriterleri

Şekil-1’de de görüldüğü gibi gıdaların kalite ve güvenilirlik kriterleri olarak inorganik/organik kalıntı ve bulaşanlar, ilaç kalıntıları, katkı maddeleri ve ürün bünyesinde sonradan oluşan çeşitli reaksiyon ürünlerinin olduğu kimyasal unsurlar, patojenler ve ayrıca bozulmaya yol açan mikroorganizmaları içeren mikrobiyolojik unsurlar ve diğer parametreler bulunmaktadır (Andre ve ark., 2010; Villa ve ark., 2022; Zhang ve ark., 2023). Gıdaların kalite ve güvenilirlik kriterlerindeki bu çeşitlilik, oldukça geniş bir araştırma alanı oluşturmakta ve gerek ürün gerekse parametre bazındaki yenilikçi uygulamalar kapsamında spesifik pek çok çalışmadan söz edilebileceği ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmaların ortak yönü ise daha önce belirtildiği gibi klasik analiz yöntemlerinin dezavantajları ve zorluğunun giderildiği alternatifler sağlamaktır.

Sözü edilen yenilikçi yöntemler içerisinde bu derlemenin konusu olan biyosensörler, bünyesinde bulunan biyolojik tanıma elemanı ile analiz edilecek olan hedef molekülün (analit) etkileşime girmesi sonucu oluşan biyokimyasal yanıtı ölçülebilir fiziksel bir sinyal haline dönüştüren küçük algılayıcı cihazlar biçiminde ifade edilmektedir (Kıvrak, 2019). Biyosensörün algılama işlevini yerine getiren biyolojik kısım enzim, aptamer, hücre, antikor, nükleik asit olabildiği gibi sinyal dönüştürücü kısmı optik, elektrokimyasal vd. temelli olabilmekte ve tasarım çeşitliliğini de beraberinde getirmektedir. Biyosensörlerin yapısı ve sınıflandırılması, Şekil-2’deki gibidir.



Şekil 2. Biyosensörün yapısı ve sınıflandırılması

Şekil-2’de görüldüğü gibi çeşitli numuneler, farklı türden biyo moleküller ile etkileşime geçerek algılanmakta ve çevirici kısım tarafından (optik, elektrokimyasal, kütle veya ısı değişim hassasiyetli) sinyaller elde edilerek hedef molekülün tespiti gerçekleştirilmektedir (Tanık 2016; Nanda ve ark., 2022). Bu tasarımın çeşitliliğinin içerisinde, çevirici kısım ile ilgili olarak özellikle elektrokimyasal ve optik biyosensörlerin yaygın olduğu göze çarpmaktadır. Analitin türü, bütçe ve uygulama amaçlarının detaylarına da bağlı olmakla birlikte, örneğin et/balıkta tazeliğin belirlenmesine yönelik çalışmalarda özellikle elektrokimyasal biyosensör tasarımlarının büyük ölçüde daha yüksek bir ölçüm performansı ile daha hızlı ve ekonomik tayinleri mümkün kıldığı ifade edilmektedir (Dervisevic ve ark., 2015, 2019). Buradan hareketle, çeşitli ürün grupları için kalite ve güvenilirlik kriterlerine yönelik çeşitli biyosensör çalışmalarının incelenmesi ve bazılarının tasarım/kullanım detaylarının ele alınması yerinde olacaktır.

Gıdaların Kalite ve Güvenilirlik Kriterlerinin Tespitine Yönelik Biyosensör Çalışmaları

Et, süt, meyve-sebze ve ürünleri, tahıllar, bitkisel ve hayvansal yağlar, alkollü-alkolsüz içecekler, fermente ürünler gibi başlıca ürün grupları ile geniş bir yelpaze oluşturan çeşitli özelliklerdeki gıdaların test ve kontrolleri kapsamındaki parametre çeşitliliği ile biyosensör tasarımındaki çeşitlilikler düşünüldüğünde, literatürdeki mevcut çalışmaların daha pek çok yeni çalışmaya zemin oluşturduğu görülmekte, bazılarının ise hali hazırda ticarileşildiği veya kayda değer bir analiz kolaylığı sağladığı görülmektedir. Bu kısımda, söz konusu çalışmaların örneklendirilmesi ve çalışma prensiplerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Havuç, portakal ve elma suyundan kıyma, tütülenmiş balık ve bebekler için fasulye püresine kadar farklı tür ve kıvamdaki çeşitli gıda matrikslerinde *Botulinum* nörotoksinleri (serotip A) için Tam ve ark. (2018) tarafından geliştirilen optik biyosensör, bir kit halinde üretilmiş olup bu

kit dahilinde yer alan ilgili toksine özgü yakalayıcı immünomanyetik boncukların numune homojenatı ile inkübasyonu sonucunda kompleks oluşturmasına ve bu kompleksin antikor bağlı sensor yüzeylerine bağlanması sonucu gerçekleşen kalsiyum deşarjının tetiklediği etkileşimin lüminesans (ışık) ölçüm prensibine dayanmaktadır. Bu biyosensörün lüminometresi ile zamana karşı saçılan ışığın “bağlı ışık birimi (RLU: relative light unit)” biçiminde ölçümlenerek seçici ve hassas bir analiz gerçekleştirildiği ve örnek hazırlama süresi hariç 40 dakikadan kısa zamanda sonuç alınabildiği kaydedilmiştir.

Qian ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada ise süt ürünlerinde *C.perfringens* DNA’sının tespitine yönelik bir elektrokimyasal biyosensör geliştirilmiştir. Biyosensör, seryum oksit (CeO₂)/kitosan modifiyeli elektrot yüzeyine immobilize edilen DNA probunun hedef (*C.perfringens*) DNA ile hibritleşmesine bağlı gerçekleşen empedans (direnc değişimi) ölçümüne dayalı olarak tasarlanmış ve seçiciliğin yüksek olduğuna dikkat çekilmiştir. Örneklerin çoğaltılması mümkün olmakla beraber Tablo-1’de, farklı ürün grupları ve analitlere yönelik biyosensör çalışmaları derlenmiştir.

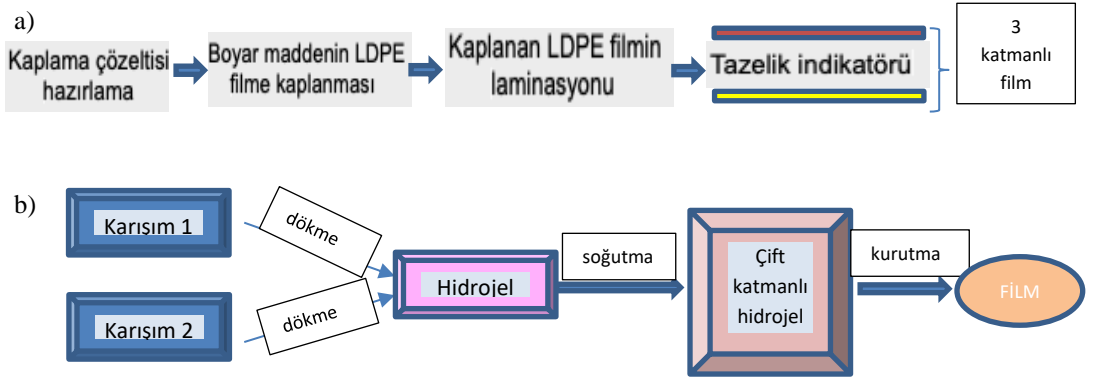
Tablo-1’de, çeşitli ürünler için kritik parametrelerin tespitine yönelik literatür örnekleri çeşitlendirilmiş olup bazı biyosensör çalışmalarının birden fazla ürün grubunda kullanılabilirliği dikkat çekmektedir. Kimyasal güvenilirlik kriterleri bakımından nitrat, pestisit ve antibiyotik ilaç kalıntıları, bisfenol A, aspartam gibi kalıntı ve bulaşanların tayinine yönelik biyosensör örnekleri (Dinçkaya ve ark., 2010; Aghoutane ve ark., 2015; Sun ve ark., 2019; Kulikova ve ark., 2020; Jemmeli ve ark., 2020; Tan ve ark., 2021) görülmektedir. Öte yandan, ürün kalitesi ile doğrudan ilgili olup güvenilirliğin de bir ölçütü olarak tazelik kriterlerinin (ksantin, uçucu aminler) et ve balık numunelerinde izlenebilirliği sağlanmıştır (Yazdanparast ve ark., 2019; Zhai ve ark., 2020). Ayrıca çeşitli ürünlerde oluşabilecek mikrobiyolojik temelli toksin (okratoksin, patulin mikotoksinleri) varlığı (Chen ve ark., 2012; Soldatkin ve ark., 2017; Mukherjee, Nandhini ve Bhatt, 2021) ve karbonhidratça zengin gıdalarda oluşabilen akrilamidin tepitinde olduğu gibi (Navarro ve ark., 2020) ürün bünyesinde sonradan oluşan ve insan sağlığı açısından zararları bilinen reaksiyon ürünlerinin tespitine örnekler yer almaktadır. Taze ette patojen (*Staphylococcus aureus*) varlığının POC analizinin yapılabildiği güncel (Zhou ve ark., 2022) çalışma örneği de verilmiştir. Bu biyosensör çalışmalarındaki tasarımlardan farklı olarak, biyosensörlerin akıllı ambalajlara entegrasyonu ile tüketiciye gerçek zamanlı bir izleme sağlanmasına yönelik çalışmalar da yapılmaktadır. Özellikle de et/balık gibi çabuk bozulabilen ve raf ömrü kısa olan ürünlerde tazeliğin izlenebilirliğine yönelik ambalaj uygulamalarına yönelik çok sayıda çalışma ile karşılaşmakta ve tüketici, ürünün durumu ve tüketilebilirliğini değerlendirme noktasında sürece dahil edilmektedir. Esasen, algılayıcı kısım olarak Şekil-2’de belirtilenlerden farklı bileşenler ile üretildiği için söz konusu ambalaj materyallerine biyosensörden ziyade “sensör” entegrasyonu ifadesi kullanılmaktadır. Bu noktada, ürünlerdeki değişime (pH, uçucu aminler, vb.) duyarlı doğal veya sentetik maddelerin renk değiştirme özelliğinden yararlanılmakta ve ambalaja kolorimetrik karakter kazandırılmaktadır. Bu amaçla son yıllarda antosiyanin, kurkumin, vb. gibi doğal indikatör maddelere kayda değer bir yönelim göze çarpmakta, bunların kullanıldığı filmlerin üretimi “yenilebilir sensörler” ifadesiyle de anılmaktadır (Özkaya, Dağbağlı ve Kayaard, 2021). Bu konudaki çalışmalara örnek olarak Dudnyk ve ark. (2018) antosiyanin içerikli kırmızı kabak ekstraktına pektin ilavesiyle film oluşturmuş ve ambalaj materyaline entegre etmiştir. Kırmızı et, kanatlı eti ve deniz ürünlerinde uçucu amin konsantrasyonunun giderek artması ile bu film mordan sarıya dönmektedir. Ezati ve Rhim (2020) ise karideslerin ambalajlanması üzerine yapmış olduğu çalışmada kurkumin içerikli bir film üretmiş ve ilerleyen saatlerde bu filmin orta kısmındaki koyulaşma ile tazelik değişimini görünür hale getirmiştir. Ian ve ark. (2020) de, tavuk etinde zamanla oluşabilecek

putresin, kadaverin, tiramin ve histamin gibi biyojen aminlerin varlığını tespit etmek üzere meyve ekstraktlarında doğal olarak bulunan genipin maddesini, yenilebilir Ca-aljinata immobilize etmiş ve rengin koyu maviye dönüşmesine bağlı olarak tazelik durumunu belirleyebilen yenilebilir ambalaj üretimi gerçekleştirmiştir. Söz konusu üretimlerde nişasta, selüloz, kitosan ve gam matriksler de yaygın olarak kullanılmaktadır (Halonen ve ark., 2020). Film bileşenlerinin yanı sıra film üretim teknikleri de değişebilmekte olup, Şekil 3’te iki ayrı akıllı ambalaj üretim yöntemi gösterilmektedir.

Tablo-1. Gıda güvenirliliğinin belirlenmesine yönelik literatür çalışmalarından örnekler

Ürün	Analit	Mekanizma	Kaynak
Et ürünleri	Kalıntı nitrat	Elektrokimyasal enzim (nitrat redüktaz) biyosensörü	Dinçkaya ve ark., 2010.
Çeşitli tarım ürünleri	Okratoksin A	Floresan bazlı aptasensör (biyoajan aptamer) ile seçici, 1 dakikalık analiz süresi	Chen ve ark., 2012
Zeytin ve zeytin yağı	Malathion (organofosforlu pestisit)	Au-SPE bazlı elektrokimyasal biyosensör	Aghoutane ve ark., 2015
Çiğ/pişmiş et ürünleri	Et tür tayini: 8 çeşit (tavşan, ördek, tavuk, sığır, at, kuzu, domuz, geyik) DNA’sının tespiti	Silikon bazlı ince optik film sensörü-renk değişimi ile gözlemlenebilir sonuç sağlama	Wang ve ark., 2015.
Meyve suyu	Patulin (mikotoksin)	Üreaz enzimine patulinin inhibitör etki göstermesi prensibiyle çalışan elektrokimyasal biyosensör (sistein muamelesi ile tekrar kullanılabilirliği mümkün)	Soldatkin ve ark., 2017
Sığır eti	Sulfadiazin ve asetaminofen (antibiyotik ve ağrı kesici ilaç kalıntısı)	Grafen oksit bazlı elektrokimyasal sensör	Sun ve ark., 2019
Balık eti	Tazeliğin tespiti (ksantin)	Enzim bazlı (ksantin oksidaz) elektrokimyasal biyosensör	Yazdanparast ve ark., 2019.

Balık ve domuz eti	Tazeliğin tespiti (uçucu aminler)	Agar (AG), antosiyanin (AN), gellan gam (GG) ve TiO ₂ nanopartiküllerden kolorimetrik tazelik sensörü	Zhai ve ark., 2020
Süt ve yoğurt (spike edilmiş)	Kanamisin A (Antibiyotik)	Elektrokimyasal aptasensör	Kulikova ve ark., 2020
İşlenmiş gıdalar (karbonhidratça zengin)	Akrilamid	Manyetik nanoparçacık/kitosan modifiyeli karbon pasta elektrot (elektrokimyasal)	Navarro ve ark., 2020
İçme suyu	Bisfenol A	Kağıt bazlı non-enzimatik elektrokimyasal sensör	Jemmeli ve ark., 2020.
Alkolsüz içecekler	Aspartam (yapay tatlandırıcı)	Manyetik parçacıklı elektrokimyasal sensör	Tan ve ark., 2021.
Yeşil kahve ve yer fıstığı	Okratoksin A	Kolorimetrik ve kemilüminesans temelli (optik) aptasensör	Mukherjee, Nandhini, ve Bhatt, 2021.
Taze et	Staphylococcus aureus	POC analiz-DNA bazlı lateral akış biyosensörü	Zhou ve ark., 2022



Şekil 3. Tazelik indikatörü sensör-ambalaj film üretim teknikleri a) Üç katmanlı indikatör film üretim prosesi b) Çift katmanlı kolorimetrik filmin üretim basamakları

Şekil-3 a)'da, bromkresol yeşili boyar maddesi ile kolorimetrik tazelik indikatörü film geliştirmiştir. Bu amaçla öncelikle ambalajın iç katmanını oluşturan birinci tabaka üzerine indikatör özellik gösterecek olan ikinci katman kaplanmakta ve sonrasında LDPE (düşük yoğunluklu poli etilen) bazlı dış (üçüncü) katmanın laminasyonu gerçekleştirilerek üretim tamamlanmaktadır (Lee ve ark., 2019). Tavuk göğüs etinin paketlenmesinde kullanılan indikatör filmin ambalaj materyaline entegrasyonu sonrasında ürünün tazeliğini yitirmesine paralel olarak

renğin sarıdan yeşile döndüğü gözlenmiştir. Ayrıca, renk dönüşümlerinin akıllı telefon kamerası üzerinden dijital işlemci ile algılanması sağlanmıştır. Şekil-3 b)’de ise agar ve antosiyaninden oluşan karışım-1 ile gellan gam ve TiO₂ nanopartikülleri içeren karışım-2 birleştirilip soğutma ve kurutma aşamalarından sonra çift katmanlı film haline getirilmiştir (Zhai ve ark., 2020). Domuz eti ile balık etinde tazeliğin yitirilmesine paralel olarak (uçucu bazik gazların açığa çıkması) film rengi gül kurusundan yeşile dönmüştür. Ne var ki, bu tür üretimler ile tüketici açısından cazip ve merak uyandıran sensör özellikli ambalajlar elde ediliyor olsa da, bunların kullanımı bir analiz tekniği olmanın dışına çıkmakta ve son ürün ile tüketicinin mutfağı arasındaki sürecin izlenmesine hizmet etmektedir.

Son olarak gıdaların kalite ve güvenilirlik kriterlerinin tespitine yönelik biyosensör çalışmalarındaki son durum ele alınacak olursa, çok çeşitli gıda ürünleri için kritik olabilecek yüzlerce parametrenin mümkün olabilecek en ekonomik, pratik, hızlı, hassas ve seçici metotlar ile tespit edilmesi amacıyla yola çıkılmakta ve söz konusu beklentilerin her biri aynı zamanda performans kriteri konumunda bulunmaktadır. Hatta bu performans kriterlerinin sayısı, elde edilecek olan biyosensörün stabilite ve tekrar kullanılabilirlik gibi özellikleri de irdelenerek daha geniş bir kapsamda incelenmekte ve optimizasyon çalışmaları yapılmaktadır. Özellikle de stabilite ile ilgili olarak biyoajan kullanımının bazen göz ardı edilemeyecek dezavantajları olduğuna değinilmektedir. Örneğin, enzim biyosensörleri için enzimin ömrü ve maliyeti, enzimin stabilite sorunları ve tekrar kullanılabilirliğin yeterince sağlanamaması, enzim immobilizasyonunun zorluğu ve elektrokimyasal biyosensörlerde söz konusu olan elektron transferinin yavaş olması gibi sorunlara dikkat çekilmektedir. En çok da ticarileştirme amaçlı tasarımlar için bu hususlar oldukça önem arz etmektedir (Zhang ve ark., 2015). Çok çeşitli analizler ve ürün grupları için tasarlanan biyosensörlerin çoğunun daha da geliştirilerek portatif hale gelmesi ve tam anlamıyla ticarileşerek hali hazırda kullanılmakta olan geleneksel analiz yöntemlerinin yerini alması henüz mümkün olamamışsa da, gelişmeye oldukça açık bir çalışma alanı olarak kısa zamanda önemli aşamalar kaydedilmesi beklenmektedir.

Sonuç

Gıdaların kalite ve güvenilirliğinin izlenmesine yönelik olarak çeşitli kimyasal ve mikrobiyolojik unsurların yanı sıra ürünün bileşimi ve etiket bilgileri ile uyumundan (tağşiş, alerjen varlığı, vb.) tazelik durumuna kadar pek çok faktörün hammaddeden son ürüne kadarki kritik aşamalarda test ve kontrollere tabi tutulması oldukça önemlidir. Bu noktada, klasik analiz yöntemlerinin çoğunlukla zor ve zaman alan, ayrıca nitelikli iş gücü ve malzeme-ekipman gerektiren prosedürlere dayalı olması, bu dezavantajların giderileceği yenilikçi yaklaşımların ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Biyosensörler, son dönemlerde daha da öne çıkan yenilikçi bir teknoloji konumundadır. Hedef madde ile etkileşime girerek söz konusu maddenin algılanmasını sağlayan biyo molekül kısmı ve gerçekleşen etkileşimi çeşitli türlerde (elektrokimyasal, optic, vb.) sinyallere dönüştüren çevirici kısım olmak üzere 2 temel birim ile çalışan biyosensörler, gıdalardaki çok çeşitli analiz parametreleri için özel olarak tasarlanıp geliştirilmekte ve buna bağlı olarak literatürdeki çalışmaların çeşitliliği dikkat çekmektedir. Amaca ve tasarıma göre bazı biyosensör örneklerinin laboratuvar düzeyinde, diğer bazılarının ise POC imkanı tanıyan portatiflikte olduğu görülmektedir. Hatta, biyosensörlerin yanı sıra “sensör” üretimleri yapılmakta ve et, balık gibi raf ömrü kısa ürünlerin tazelik durumunun tüketiciler tarafından izlenebilmesini sağlayan ambalaj entegrasyonları da gerçekleştirilmektedir. Nitekim ambalaj üretiminden bağımsız olarak biyo molekül kullanımının tercih edilmediği tasarımlar da göz ardı edilmeyecek sayıdadır. Bu yönelim, biyo molekül kullanımının stabilite sorunları ve maliyet gibi çeşitli dezavantajlarından

kaynaklanmakta olup her bir biyosensör üretiminin özelinde durum değişebilmektedir. Yapılan biyosensör çalışmaları genel olarak değerlendirildiğinde ise hassasiyet, seçicilik, doğruluk, tekrar kullanılabilirlik, maliyet, vb. performans kriterleri açısından her bir biyosensör tasarımı için kullanım ve yaygınlık durumunun henüz klasik yöntemleri tamamen geride bırakacak boyutta olmadığı görülmektedir. Yine de, şu ana kadar yapılmış olan biyosensör çalışmalarının yeni ve daha gelişmiş tasarımların önünü açtığı ve biyosensörlerin azımsanmayacak bir potansiyelde olduğu anlaşılmaktadır.

Kaynakça

Aghoutane Y, Diouf A, Österlund L, Bouchikhi B, El Bari N. (2020). Development of a molecularly imprinted polymer electrochemical sensor and its application for sensitive detection and determination of malathion in olive fruits and oils. *Bioelectrochemistry*, 132: 107404. doi: 10.1016/j.bioelechem.2019.107404.

Albeda JAV, Uzunoğlu A, Santos GNC, Stanciu LA. (2017). Graphene-titanium dioxide nanocomposite based hypoxanthine sensor for assessment of meat freshness. *Biosensors and Bioelectronics*, 89: 518–524. doi: 10.1016/j.bios.2016.03.041.

Andree S, Jira W, Schwind KH, Wagner H, Schwagele F. (2010). Chemical safety of meat and meat products. *Meat Science*, 86 (1): 38-48. doi:10.1016/j.meatsci.2010.04.020.

Chen J, Fang Z, Liu J, Zeng L. (2012). A simple and rapid biosensor for Ochratoxin A based on a structure-switching signaling aptamer. *Food Control*, 25: 555-560. doi: 10.1016/j.foodcont.2011.11.039.

Dervisevic M, Custiuc E, Çevik E, Şenel M. (2015). Construction of novel xanthine biosensor by using polymeric mediator/MWCNT nanocomposite layer for fish freshness detection. *Food Chemistry*, 181: 277–283. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.02.104.

Dervisevic M, Dervisevic E, Şenel M. (2019). Recent progress in nanomaterial-based electrochemical and optical sensors for hypoxanthine and xanthine: A review. *Microchimica Acta*, 186: 749. doi: 0.1007/s00604-019-3842-6.

Dinçkaya E, Akyılmaz E, Sezgintürk MK, Ertaş FN. (2010). Sensitive nitrate determination in water and meat samples by ampero-metric biosensor. *Prep. Biochem. Biotechnology* 40: 119–128. doi: 10.1080/10826060903558620.

Dudnyk I, Janecek ER, Joset JV, Stellacci F. (2018). Edible sensors for meat and seafood freshness. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 259: 1108–1112. doi:10.1016/j.snb.2017.12.057.

Ezati P, Rhim J-W. (2020). pH-responsive pectin-based multifunctional films incorporated with curcumin and sulfur nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*, 230: 115638. doi: 10.1016/j.carbpol.2019.115638.

Halonen N, Pálvölgyi PS, Bassani A, Fiorentini C, Nair R, Spigno G, Kordas K. (2020). Bio-Based Smart Materials for Food Packaging and Sensors – A Review. *Bio-Based Smart Material*, 7: 82. doi: 10.3389/fmats.2020.00082.

Ian M, Fiona J, Christopher BC. (2020). An edible genipin-based sensor for biogenic amine detection. Journal Of Chemical Technology and Biotechnology, doi:10.1002/jctb.6556.

Jemmeli D, Marcoccio E, Moscone D, Dridi C, Arduini F. (2020). Highly sensitive paper-based electrochemical sensor for reagent free detection of bisphenol A. Talanta, 216: 120924. doi: 10.1016/j.talanta.2020.120924.

Kıvrak E. (2019). Klinik Analizlere Yönelik Aptamer Tabanlı Elektrokimyasal Biyosensör Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye.

Kulikova, T, Gorbachuk V, Stoikov I, Rogov A, Evtugyn G, Hianik T. (2020). Impedimetric determination of kanamycin in milk with aptasensor based on carbon black-oligolactide composite. Sensors (Switzerland), 20(17): 1–17. doi: 10.3390/s20174738.

Kumudavally KV, Shobha A, Vasundhara TS, Radhakrishna K. (2001). Chromatographic analysis of cadaverine to detect incipient spoilage in mutton. Meat Science, 59(4): 411-415. doi: 10.1016/s0309-1740(01)00094-8.

Lee K, Baek S, Kim D, Seo J. (2019). A freshness indicator for monitoring chicken-breast spoilage using a Tyvek® T sheet and RGB color analysis. Food Packaging and Shelf Life, 19: 40–46. doi:10.1016/j.foodpack.2018.11.016.

Mohammadalinejad S, Almasi H, Moradi M. (2020). Immobilization of *Echium amoenum* anthocyanins into bacterial cellulose film: A novel colorimetric pH indicator for freshness/spoilage monitoring of shrimp. Food Control, 113: 107169 doi:10.1016/j.foodcont.2020.107169.

Mukherjee M, Nandhini C, Bhatt P. (2021). Colorimetric and chemiluminescence based enzyme linked apta-sorbent assay (ELASA) for Ochratoxin A detection. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 244: 118875. doi:10.1016/j.saa.2020.118875.

Nanda PK, Bhattacharya D, Das JK, Bandyopadhyay S, Ekhlash D, Lorenzo JM, Dandapat P, Alessandrini L, Das AK, Gagaoua M. (2022). Emerging role of biosensors and chemical indicators to monitor the quality and safety of meat and meat products. Chemosensors, 10: 322. doi:10.3390/chemosensors10080322.

Navarro KM, Silva JC, Ossick MV, Nogueira AB, Etchegaray A, Mendes RK. (2020). Low-cost electrochemical determination of acrylamide in processed food using a hemoglobin–iron magnetic nanoparticle–chitosan modified carbon paste electrode. Analytical Letters, 1–13. doi:10.1080/00032719.2020.1795668.

Öcal D, Karapınar D. (2016). Akıllı ambalajlama sistemlerinin tüketicilere yansımaları. 5. Uluslararası Matbaa Teknolojileri Sempozyumu İstanbul Üniversitesi 04-05 Kasım 2016, İstanbul, Türkiye.

Özkaya PT, Dağbağlı S, Kayaardı S. (2021). Ette tazeliğin belirlenmesi: Yeni yaklaşımlar. Gıda, 46 (4): 1053-1067 doi: 10.15237/gida.GD21078.

Qian X, Qu Q, Li L, Ran X, Zuo L, Huang R, Wang Q. 2018. Ultrasensitive electrochemical detection of *Clostridium perfringens* DNA based morphology-dependent DNA adsorption properties of CeO₂ nanorods in dairy products. *Sensors*, 18(6): 1878. doi:10.3390/s18061878.

Qiao L, Tang X, Dong J, (2017). A feasibility quantification study of total volatile basic nitrogen (TVB-N) content in duck meat for freshness evaluation. *Food Chemistry*, 237: 1179–1185. doi:10.1016/j.foodchem.2017.06.031.

Soldatkin OO, Stepurska KV, Arkhypova VM, Soldatkina AP, El’skaya AV, Lagarde F, Dzyadevych SV. (2017). Conductometric enzyme biosensor for patulin determination. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 239: 1010–1015. doi:10.1016/j.snb.2016.08.121.

Sun Y, He J, Waterhouse GIN, Xu L, Zhang H, Qiao X, Xu Z. (2019). A selective molecularly imprinted electrochemical sensor with GO@COF signal amplification for the simultaneous determination of sulfadiazine and acetaminophen. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 300: 126993. doi:10.1016/j.snb.2019.126993.

Tam CC, Flannery AL, Cheng LW. (2018). A rapid, sensitive, and portable biosensor assay for the detection of *Botulinum* neurotoxin Serotype A in complex food matrices. *Toxins*, 10: 476. doi:10.3390/toxins10110476.

Tan Li Q, Li Y, Ma R, He J, Jiang Z, Yang L, Wang C, Luo L, Zhang Q, Yuan C. (2021). Specific adsorption and determination of aspartame in soft drinks with a zein magnetic molecularly imprinted modified MGCE sensor. *RSC Adv.*, 11: 13486. doi: 10.1039/d0ra10824c.

Tanik NA. (2016). Nanolif Kaplı Kalem Grafit Biyosensör Yüzeyinde Spesifik Nükleik Asit Dizilerinin Hibridizasyonunun Elektrokimyasal Olarak Tespiti. Doktora Tezi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, Türkiye.

Villa C, Moura MBMV, Costa J, Mafra I. (2022). β -Lactoglobulin versus casein indirect ELISA for the detection of cow's milk allergens in raw and processed model meat products. *Food Control*, 135: 108818. doi:10.1016/j.foodcont.2022.108818.

Wang W, Zhu YP, Chen Y, Xu XL, Zhou GH. (2015). Rapid visual detection of eight meat species using optical thin-film biosensor chips. *Journal of AOAC International*, 98 (2): 410–414. doi:10.5740/jaoacint.14-230.

Yazdanparast S, Benvidi A, Abbasi S, Rezaeinasab M. (2019). Enzyme-based ultrasensitive electrochemical biosensor using poly(L-aspartic acid)/MWCNT bio- nanocomposite for xanthine detection: A meat freshness marker. *Microchemical Journal*, 149: 104000. doi:10.1016/j.microc.2019.104000.

Zhai X, Li Z, Shi Y, Huang X, Sun Z, Zhang D, Zou X, Sun Y, Zhang J, Holmes M, Gong Y, Povey M, Wang S. (2019). A colorimetric hydrogen sulfide sensor based on gellan gum-silver nanoparticles bionanocomposite for monitoring of meat spoilage in intelligent packaging. *Food Chemistry*, 290: 135–143. doi:10.1016/j.foodchem.2019.03.138.

Zhai X, Zou X, Shi J, Huang X, Sun Z, Li Z, Sun Y, Li Y, Wang X, Holmes M, Gong Y, Povey M, Xiao J. (2020). Amine-responsive bilayer films with improved illumination stability and electrochemical writing property for visual monitoring of meat spoilage. *Sensors & Actuators B: Chemical*, 302: 127130. doi:10.1016/j.snb.2019.127130.

Zhang X, Dong J, Qian X, Zhao C. (2015). One-pot synthesis of an RGO/ZnO nanocomposite on zinc foil and its excellent performance for the nonenzymatic sensing of xanthine. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 221: 528-536. doi:10.1016/j.snb.2015.06.039.

Zhang L, Yu Q, Zhang M, Law CL, Ma Y. (2023). Intelligent detection of quality deterioration and adulteration of fresh meat products in the supply chain: research progress and application. *Food Bioscience*, 55: 103047. doi:10.1016/j.fbio.2023.103047.

Zhou BQ, Ye QH, Li F, Xiang XR, Shang YT, Wang CF. (2022). CRISPR/Cas12a based fluorescence-enhanced lateral flow biosensor for detection of *Staphylococcus aureus*. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 351: 130906. doi:10.1016/j.snb.2021.130906.

Sürdürülebilir Gıda Üretim Süreçlerinde Elektriksel Yöntemler

Tuncay Yılmaz¹, Can Çivi², Bülent Ergönül¹

¹Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Manisa, Türkiye

²Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Manisa, Türkiye
tuncay.yilmaz@cbu.edu.tr

Giriş

Bu yazıda, sürdürülebilir gıda üretiminin önemi ve bu alanda elektriksel yöntemlerin artan rolü üzerine odaklanmaktadır. Küresel ölçekte artan nüfus, kaynakların sınırlı doğası ve iklim değişikliği, gıda üretim süreçlerini daha verimli, çevre dostu ve sürdürülebilir hale getirme ihtiyacını gündeme getirmiştir. Sürdürülebilir gıda üretimi, ekolojik dengenin korunması ve gelecek nesillere yeterli ve sağlıklı gıda kaynaklarının sağlanmasında hayati bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, Avrupa Birliği'nin 2030 İklim Hedefleri ve "Fit for 55" gibi yasal düzenlemeler, sektörde sürdürülebilirlik adımlarını teşvik etmektedir (Friedlingstein et al 2021; Verkerk et al 2022). Bu yazı, sürdürülebilir gıda üretiminde karşılaşılan zorlukları, elektriksel yöntemlerin potansiyel avantajlarını ve bu alandaki yenilikçi uygulamaları ayrıntılı bir şekilde incelemeyi hedeflemektedir. Gıda güvenliği, ekolojik sürdürülebilirlik ve ekonomik verimlilik arasındaki ilişkiyi de göz önünde bulundurarak, sürdürülebilir gıda üretiminin geleceğinin nasıl şekillenebileceğine dair değerli bilgiler sunacaktır.

Gıda sektöründe karbon ayak izini azaltma, enerji verimliliğini artırma ve çevre dostu üretim yöntemlerinin benimsenmesi gibi konular üzerinde durulmaktadır. Bu süreçte, gıda üretimi ve işleme sektörlerinde elektriksel yöntemlerin uygulanması, sektördeki yenilikçilik ve teknolojik ilerlemelerin ön plana çıkmasını sağlamak hedeflenmektedir. Ayrıca, bu yöntemlerin karşılaştığı zorluklar, bu zorlukların üstesinden gelme yolları ve sektördeki mevcut eğilimler üzerinde de durulmaktadır. Bu çalışma, sürdürülebilir gıda üretiminin global ölçekte nasıl ilerleyebileceğini ve bu süreçte elektriksel yöntemlerin nasıl bir rol oynayabileceğini kapsamlı bir şekilde tartışmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilirlik, inovasyon ve yasal düzenlemeler arasındaki etkileşim incelenerek bu alanlarda atılması gereken adımlar belirlenmiştir. Sürdürülebilir gıda üretimi konusunda bilinç ve farkındalık yaratmayı hedefleyen bu çalışma, hem sektör profesyonelleri hem de genel okuyucu kitlesi için önemli bilgiler sunacaktır.

Sürdürülebilir Gıda Üretiminin Önemi

Sürdürülebilir gıda üretimi, artan nüfus ve iklim değişikliği gibi küresel sorunlar ışığında hayati önem kazanmıştır. 2050 yılına kadar dünya nüfusunun 9.7 milyara ulaşması beklenmektedir ve bu durum gıda talebinin %70 oranında artacağı anlamına gelmektedir (Cortes et al., 2021). Sürdürülebilir yöntemler, bu artan talebi karşılamak ve doğal kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlamak için gerekmektedir. Örneğin, su kullanımında verimliliği artırmak, gıda üretiminde su tüketimini %60'a kadar azaltabilmektedir. Gıda atıklarının yönetimi ve azaltılması, küresel sera gazı emisyonlarını %8 oranında azaltabilirken, sürdürülebilir tarım uygulamaları toprak erozyonunu %50 azaltabilmekte ve biyolojik çeşitliliği koruyarak ekosistemlerin sağlığını destekleme potansiyeline sahiptir (Lar, 2022).

Gıda güvenliği, tüketicilere güvenli ve besleyici gıdaların sürekli olarak ulaştırılmasını ifade ederken; gıda güvencesi, herkes için yeterli, güvenli ve besleyici gıdanın her zaman mevcut ve erişilebilir olmasını temsil eden bir tanımlamadır. Sürdürülebilir gıda üretimi, bu iki kavramı birleştirerek, gıda sistemlerinin çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlarını dengeli bir şekilde ele almaktadır. Bu bölüm, sürdürülebilir gıda üretiminin gıda güvenliği ve güvencesine olan etkilerini, sağlık, ekonomi ve çevre üzerindeki pozitif yansımalarıyla birlikte incelemektedir

Ekolojik ve Ekonomik Faydalar

Ekolojik açıdan, sürdürülebilir gıda üretimi, doğal kaynakların korunmasını, biyoçeşitliliğin sürdürülmesini ve ekosistemlerin sağlığını desteklerken suyun, toprağın ve diğer doğal kaynakların daha verimli kullanılmasını ve çevresel ayak izinin azaltılmasını içermektedir. Sürdürülebilir tarım yöntemleri, toprak erozyonunu önemli ölçüde azaltabilir. Yapılan araştırmalar, bu yöntemlerin toprak erozyonunu bazı durumlarda %50'ye kadar azaltabildiğini göstermektedir. Bu, toprak kalitesinin ve uzun vadeli verimliliğin korunmasına katkıda bulunur. Sürdürülebilir tarım, geleneksel tarım yöntemlerine kıyasla daha yüksek biyoçeşitlilik seviyelerini destekler (Jug et al., 2018). Araştırmalar, sürdürülebilir tarım sistemlerinde tür zenginliğinin arttığını belirtmektedir. Sürdürülebilir tarım yöntemleri, su kullanımını önemli ölçüde azaltabilir. Bazı çalışmalar, su kullanımında %60'a varan azalmalar bildirmektedir. Bu, özellikle su kaynaklarının sınırlı olduğu bölgelerde kritik öneme sahiptir (Thaler et al., 2012).

Ekonomik Sürdürülebilirlik açısından ise sürdürülebilir üretim yöntemleri, uzun vadede maliyet tasarrufu sağlayabilirken yerel ekonomilere katkıda bulunma potansiyeline sahiptir. Yerel gıda sistemlerini güçlendirmek ve gıda israfını azaltmak, ekonomik sürdürülebilirliğin temel unsurları arasında sayılabilmektedir (Herrero et al, 2023).

Sosyal Sürdürülebilirlik çerçevesinden bakıldığında ise sürdürülebilir gıda üretimi, yerel topluluklar için iş olanağı yaratır ve sosyal eşitliği teşvik eder ve sağlıklı gıda ürünlerine erişim, tüm toplum kesimlerinin beslenme ve sağlık durumunu iyileştirir (Drewnowski, et al, 2020).

Sürdürülebilir ürünler için pazar talebi hızla artmaktadır. İstatistikler, tüketicilerin sürdürülebilir ürünlere olan talebinin arttığını ve bu durumun üreticiler için daha yüksek kar marjlarına yol açabileceğini göstermektedir. Uzun vadede, sürdürülebilir tarım uygulamaları su ve gübre gibi girdilerde tasarruf sağlayarak maliyetleri azaltabilirken bu uygulamaların, zamanla toplam üretim maliyetlerinde düşüşe neden olabileceğine yönelik bulgular her geçen gün yeni araştırmaların sonuçların yer almaktadır (Jaffry et al, 2016; Ye, 2022).

Sürdürülebilir gıda üretiminde teknolojik yenilikler, özellikle de elektriksel yöntemler, verimliliği artırırken çevresel etkiyi azaltmaya yardımcı olabilmektedir. Bu yöntemler, geleneksel üretim yöntemlerine alternatif oluşturarak daha az su ve enerji kullanımına imkan tanımaktadır. Sürdürülebilir gıda üretimi, gelecek nesiller için sağlıklı bir gezegen bırakma hedefine katkıda bulunur. Elektriksel yöntemler gibi yenilikçi teknikler, bu hedefe ulaşmak için kritik öneme sahiptir (Orimoloye, 2022).

AB'nin 2030 İklim Hedeflerinin Etkisi

AB'nin 2030 İklim Hedefleri, Avrupa'nın iklim değişikliğiyle mücadelede küresel liderlik rolünü güçlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu hedefler, Avrupa'nın 2050 yılına kadar iklim nötr olma hedefini desteklemektedir ve 2030'a kadar net sera gazı emisyonlarını 1990 seviyelerine göre en az %55 oranında azaltmayı içerir. Bu hedefler, tüm sektörlerde emisyonların azaltılmasını ve yeşil teknolojilere yatırım yapılmasını gerektirmektedir. AB'nin bu hedefleri, hem iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir adımı temsil eder hem de ekonomik büyüme ve sürdürülebilir kalkınma için yenilikçi yollar sunmaktadır. Bu hedefler, AB politikalarının ve ekonomisinin gelecekteki yönünü belirleyerek, yatırımcılara ve ekonomik aktörlere öngörülebilirlik sağlarken iklim nötr geçişin geri dönüşsüz olmasını sağlamaya odaklanmaktadır (Ye, 2022).

Avrupa Birliği (AB), 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını en az % 40 azaltmayı, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını %32'ye çıkarmayı ve enerji verimliliğini %32,5 artırmayı hedeflemektedir (Grilli, 2016). AB'nin Paris Anlaşması'ndaki taahhütlerini destekleyen hedefler küresel ısınmanın 2 derecenin altında tutulması amacına katkı sağlamaktadır. Karbon vergisi, fosil yakıtların kullanımından kaynaklanan karbon emisyonlarına uygulanan bir vergi türüdür. Bu uygulama, işletmeleri ve tüketicileri daha az karbon salınımı yapan alternatiflere yönlendirmeyi amaçlar (Bertram, 2021).

Bu kapsamada gündemde olan karbon vergisi, fosil yakıt bağımlılığını azaltmada etkili bir araç olarak görülmektedir. Bu vergi, yenilenebilir enerji ve sürdürülebilir teknolojilerin gelişimini teşvik ederken, fosil yakıt tabanlı süreçleri maliyetli hale getirmektedir. Bu durum ise işletmeler ve endüstriler, yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş yaparak fosil yakıt kullanımını azaltmaya teşvik etmektedir. Bu, güneş ve rüzgar enerjisi gibi temiz enerji kaynaklarının kullanımını artırmaktadır. Enerji verimliliğini artırmak ve operasyonel süreçlerde inovasyon yapmak, fosil yakıt tüketimini azaltmanın anahtar yolları arasında yer almaktadır. Örneğin, enerji tasarruflu teknolojiler ve süreçlerin optimizasyonu bu alandaki önemli adımlardır (Bordonal et al, 2018).

AB Politikalarının genel etkisi ve gelecek projeksiyonları açısından ele alındığında ise üye ülkelerin ve işletmelerin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmaları için bir çerçeve sunulduğu görülmektedir. Bu politikalar, çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik büyüme arasında bir denge kurmayı amaçlar. 2030 hedeflerine ulaşma yolunda, AB'nin bu politikalarının daha da geliştirilmesi ve uygulanması beklenmektedir. Ayrıca, bu hedeflerin 2050 yılına kadar sıfır net karbon emisyonu hedefiyle uyumlu olduğu öngörülmüyor.

AB'nin İklim Yasası ve "Fit for 55" paketi, AB'nin 2050 yılına kadar iklim nötr hedefini yasal olarak desteklemektedir. Bu paket, 2030 yılına kadar net sera gazı emisyonlarını 1990 seviyelerine göre en az %55 oranında azaltmayı amaçlamaktadır. Yasada belirlenen hedefler, AB kurumları ve üye devletler tarafından yerine getirilmesi gereken yasal yükümlülükleri içerir

ve AB'nin tüm politikalarının bu hedefe katkıda bulunmasını sağlamayı hedefler. Fit for 55 paketi, binalar, ağır sanayi ve ulaşım gibi yüksek enerji tüketen endüstrileri hedef alarak, enerji verimliliği ve düşük karbonlu yakıt kullanımını artırmayı planlamaktadır. Bu, AB'nin iklim değişikliğiyle mücadeledeki liderliğini ve ekonomik dönüşümünü destekleyen önemli bir adımdır (Zábojník et al, 2021; Friedlingstein et al 2021; Verkerk et al 2022) .

Hukuki Yaptırımlar ve Mali Cezalar

Avrupa İklim Yasası, 2050 yılına dek Avrupa'nın iklim nötr hale gelmesi amacını ve 2030 yılı için net sera gazı emisyonlarını en az %55 azaltma hedefini yasal bir zeminde belirlemiştir. Bu yasa, tüm AB politikalarının bu amaca katkıda bulunmasını ve ekonominin ve toplumun tüm sektörlerinin gereken adımları atmasını hedeflemektedir Cifuentes-Faura, 2022). AB kurumları ve üye devletler, hedefe ulaşmak için AB ve ulusal düzeyde alınması gereken tedbirleri yürürlüğe koymakla yükümlüdürler, bu bağlamda adaleti ve üye devletler arasında dayanışmayı teşvik etmek de esastır.

Bu hedeflere ulaşmada başarısız olan firmalar, AB pazarındaki rekabetçi konumlarını kaybedebilir, yatırımcılar ve diğer ekonomik aktörler için tahmin edilebilirlikten yoksun bir duruma karşı karşıya kalabilir ve iklim değişikliğine adaptasyon için gerekli önlemleri almadıkları takdirde daha büyük uygulama şokları ile mücadele etmek zorunda kalabilirler. Ayrıca, Avrupa İklim Yasası kapsamında belirlenen hedeflere ulaşmak adına AB kurumları ve üye devletlerin alması gereken tedbirler büyük önem arz etmektedir. Bu hedeflere ulaşamamak, şirketler için maliyet artışlarına, yatırımcı ve tüketici güveninde azalmaya ve olası yasal yaptırımlara sebebiyet verebilir.

Sonuç olarak, Avrupa Birliği'nin 2030 iklim hedeflerine uymayan firmalar, finansal ve operasyonel zorluklarla karşı karşıya kalabilir ve bu durum iş modelleri ve piyasadaki konumları üzerinde ciddi etkilere neden olabilir. Bu nedenle, şirketlerin bu hedeflere uyum sağlamak adına şimdiden gerekli adımları atmaları ve iş modellerini bu hedeflere göre şekillendirmeleri büyük önem taşımaktadır.

Üretici firmalar, Avrupa Birliği'nin iklim hedeflerine uymadıklarında karşılaşılabilecekleri yasal yaptırımlar genellikle ciddi miktarda mali cezaları içermektedir. Örneğin, Avrupa Birliği'nin Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) ve CRC Enerji Verimliliği Şeması gibi iklim değişikliği ile ilgili mevzuatlara uymayan işletmeler için ağır mali cezalar öngörülmektedir. İhlaller için uygulanan en yüksek cezalar arasında, ETS düzenlemelerine uymama durumunda 608,500 İngiliz Sterlini, CRC ihlalleri için 31,000 İngiliz Sterlini, ve Enerji Tasarrufu Fırsatları Şeması (ESOS) ihlalleri için 45,000 İngiliz Sterlini gibi cezalar bulunmaktadır. Bu cezalar, şirketlerin finansal durumlarına ve itibarlarına zarar verebilecek olumsuz etkilere sahip olabilir (Wu, 2009; Ricke et al, 2018; Steel et al, 2022).

Bu tür yaptırımlar, iklim değişikliği ile mücadele bağlamında getirilen yasal düzenlemelerin ve hedeflerin ciddiyetini yansıtmaktadır. İşletmeler, bu tür yaptırımlardan kaçınmak için mevcut iklim değişikliği ile ilgili mevzuata uyum sağlamalı ve bu alandaki sorumluluklarını ciddiye almalıdır. Özellikle, Avrupa Birliği'nin "Fit for 55" yasal paketi gibi yeni düzenlemeler, işletmelerin iş yapış modellerini ve operasyonlarını önemli ölçüde etkileyebilir ve uyum sağlamayan şirketler, benzer yaptırımlarla karşı karşıya kalabilirler. Bu bağlamda, işletmelerin

iklim değişikliği ve çevresel sorumluluklar konusunda bilinçli ve proaktif olmaları büyük önem arz etmektedir.

Gıda Endüstrisindeki Sektörel Eğilimler ve Elektriksel Yöntemler

Gıda endüstrisinde sürdürülebilir üretim yaklaşımları, özellikle enerji kullanımının optimizasyonu ve çevresel etkilerin azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, elektriksel işlem teknolojileri (electrical processing technologies), geleneksel termal işlemlere alternatif olarak yükselen bir trend haline gelmiştir. Örneğin, ohmik ısıtma, indüksiyon, yüksek voltaj elektrik alanı (HVPE) uygulamaları ve plazma teknolojisi gibi yöntemler, gıda işleme süreçlerinde enerji verimliliğini artırma ve işlem sürelerini kısaltma potansiyeline sahiptir. Sürekli gelişen teknolojiler, elektriksel yöntemlerin daha etkili ve ekonomik hale gelmesine olanak tanımaktadır. Özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu, bu yöntemlerin sürdürülebilirliğini artırabilmektedir. Örneğin, akıllı tarım teknolojileri ve yapay zeka ile entegre elektriksel sistemler, gıda üretiminde devrim yaratabilir niteliktedir (Rajan et al, 2023; Sundaresan et al 2023)

Elektriksel yöntemler, genellikle geleneksel mekanik veya kimyasal süreçlere göre daha az enerji tüketmektedir. Bu, hem enerji maliyetlerini azaltır hem de karbon ayak izini düşürür. Kimyasal kullanımının azaltılması, toprağın ve su kaynaklarının korunması elektriksel yöntemlerin önemli avantajlarından. Bu, biyoçeşitliliğin korunmasına ve ekosistemlerin sağlıklı kalmasına katkıda bulunmaktadır. Elektriksel yöntemler, su ve besin maddelerinin daha verimli kullanılmasını sağlayarak sürdürülebilir tarım uygulamalarına katkı sağlar ve özellikle kıt kaynakların etkin kullanımı, bu yöntemlerin önemini artırmaktadır. Elektriksel yöntemler, sürdürülebilir gıda üretimi için gerekli inovasyonları sağlayarak gelecek nesiller için sağlıklı bir çevre bırakılmasına yardımcı olma potansiyeline sahiptir. Ayrıca elektriksel yöntemler, sürekli gelişen teknoloji ile uyumlu olup, yeni buluşlarla entegre edilebilir. Bu, gıda üretim süreçlerinin sürekli gelişmesini ve yenilenmesini sağlamaktadır. Farklı iklim ve coğrafi koşullara uyum sağlayabilme yetenekleri, elektriksel yöntemlerin geniş bir yelpazede uygulanabilirliğini artırmaktadır (Zaman et al 2017; Maitra et al, 2023). Elektriksel yöntemler, genellikle daha az su ve kimyasal gübre kullanımı gerektirir, bu da çevresel etkiyi azaltırken enerji verimliliği açısından da avantajlar sağlayabilmektedir. Bu konuda çok sayıda çalışma bu etkiyi bilimsel olarak da ortaya koyabilmektedir Vörösmarty, et al, 2023).

Tüm bu avantajların yanında elektriksel yöntemler ile ilgili bir takım zorluk ve kısıtlar bulunmaktadır. Maliyet, teknolojik karmaşıklık ve geniş ölçekli uygulamaların pratikliği, bu yöntemlerin yaygınlaşmasında engeller oluşturabilmektedir. Bu, özellikle küçük ölçekli üreticiler ve gelişmekte olan ülkeler için önemli bir engel teşkil edebilir (Dębowski et al., 2022)

Elektriksel sistemlerin tasarımı ve bakımı genellikle uzman bilgi ve beceri gerektirir. Bu, geniş ölçekte uygulanabilirliğini sınırlayan bir faktördür. Bununla beraber bu yöntemlerin etkinliği ve uzun vadeli etkileri hakkında yeterli bilimsel veri ve araştırma bulunmamaktadır. Bu durum, bu yöntemlerin daha geniş kabulünü zorlaştırabilir. Ayrıca elektriksel yöntemlerin ekosistemler üzerindeki uzun vadeli etkileri tam olarak anlaşılamamıştır. Bu belirsizlik, çevre koruma politikaları ve sürdürülebilirlik standartları açısından sorunlar yaratabilir (Cosentino et al, 2020).

Araştırmacılar, maliyeti düşürmek, verimliliği artırmak ve çevresel etkileri azaltmak için yeni elektriksel yöntemler üzerinde çalışmaktadır. Örneğin, yenilenebilir enerji kaynaklarıyla entegre edilen sistemler üzerindeki çalışmalar bu alandaki yenilikleri örneklendirir. Dünya çapında birçok pilot proje ve uygulama çalışması, elektriksel yöntemlerin pratik uygulanabilirliğini test etmekte ve veri toplamaktadır. Bu projeler, metodolojinin gelişimine katkı sağlamakta ve potansiyel sorunlara çözümler sunmaktadır Bondarenko et al, 2020) .

Elektriksel yöntemlerin, yapay zeka ve makine öğrenimi gibi teknolojilerle entegrasyonu, akıllı tarım uygulamalarının gelişimine yol açabilir niteliktedir. Bu, tarımsal verimliliği ve sürdürülebilirliği büyük ölçüde artırabilecektir. Dolayısıyla yakın gelecekte hükümetler, akademik kurumlar ve özel sektör arasındaki işbirlikleri, bu alandaki standartları belirleyebilir ve geniş çaplı uygulamalar için yol haritası oluşturabilecektir (Mesías-Ruiz et al, 2023).

Tarım ve Gıda İşleme Sektöründe Uygulama Alanları

Tarım ve gıda alanında kullanılmakta olan ve ticari potansiyele sahip elektriksel uygulamalar bulunmaktadır. Tarımsal alanda **elektrokültür** uygulaması ile Bitkilerin büyümesini hızlandırmak için elektrik alanları kullanılmaktadır (Singh, et al, 2020). Bu yöntem, bitki metabolizmasını canlandırarak daha hızlı büyümeyi ve verimliliği artırmayı hedeflemektedir. Yine tarımsal alanda **elektro-osmotik sulama** yöntemi ile suyun ve besin maddelerinin toprakta elektrik alanlarını kullanarak daha etkili bir şekilde dağıtılmasını sağlamaktadır (Zhang et al, 2019). Bu, su kullanımının verimliliğini artırırken bitki besin maddelerinin daha iyi emilimini sağlamaya imkan tanımaktadır. Yenilikçi diğer uygulamalar ise **elektriksel alg kontrolü** gibi su kaynaklarında istenmeyen alg büyümesini kontrol etmek için elektriksel yöntemlerin kullanıldığı bir uygulama alanıdır (Sawai et al , 2019). Bu, su kalitesinin korunmasına ve ekolojik dengenin sağlanmasına yardımcı olan bir yaklaşımdır.

Gıda alanında kullanılan **elektriksel pastörizasyon** ise farklı frekansta ve/veya yüksek voltajlı elektrik alanları, mikroorganizmaları öldürerek gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatmayı hedeflemektedir. Elektriksel pastörizasyon, gıda güvenliğini artırmak ve ürünlerin raf ömrünü uzatmak için kullanılan bir tekniktir (Chughtai, et al, 2021; Başaran et al, 2023). Bu yöntemlerde, yüksek voltajlı elektrik alanları gıda maddelerine uygulanarak, zararlı mikroorganizmalar etkisiz hale getirilir. Elektriksel pastörizasyonun avantajları arasında, geleneksel ısıtma tabanlı pastörizasyon yöntemlerine göre daha hızlı işlem süresi ve besin değerlerinin daha iyi korunması yer alır. Ayrıca, bu yöntem enerji verimliliği açısından da avantajlıdır ve genellikle gıda maddelerinin tadı, rengi ve dokusu üzerinde daha az etkiye sahiptir. Bu teknoloji, özellikle süt ve süt ürünleri, meyve suları ve diğer sıvı gıdaların işlenmesinde kullanılmaktadır (Çivi et al, 2021). Termal işlemlerin yerini alabilecek olan ohmik ısıtma, yüksek voltaj elektrik alanı (HVPE) uygulamaları, indüksiyon ısıtma ve plazma teknolojisi gibi yöntemler, gıda işleme süreçlerinde verimliliği maksimize etme potansiyeline sahiptir. Ohmik ısıtma, elektrik akımının gıda matrisi içerisinden geçirilerek homojen bir ısı dağılımı sağlar ve böylece enerji kullanımında verimliliği artırırken gıda kalitesinin korunmasını mümkün kılar (Tian et al, 2020). Indüksiyon ısıtma, manyetik alanlar aracılığıyla hızlı ve lokalize ısı üretme kabiliyeti ile dikkat çekmektedir; bu yöntem, özellikle ısıya duyarlı gıda bileşenlerinin işlenmesinde önemli avantajlar sunar (Başaran et al, 2021). Yüksek voltaj elektrik alanı uygulamaları, mikroorganizmaların inaktivasyonu ve hücre duvarlarının modifikasyonu ile gıda güvenliğini artırabilir ve kimyasal katkı maddelerine olan ihtiyacı azaltır. Plazma teknolojisi, soğuk plazma kullanarak düşük sıcaklıklarda sterilizasyon

sağlamakta ve böylece enerji tüketimi ve işlem maliyetlerinde tasarruf sağlamaktadır (Nedamani et al, 2022). Bu elektriksel işlem teknolojilerinin entegrasyonu, gıda endüstrisinin sürdürülebilir üretim çabalarını güçlendirecek ve enerji verimliliği ile gıda kalitesini artırma yönünde yenilikçi çözümler sunarak sektörel eğilimlere yön verecektir.

Sonuç

Sonuç olarak, Avrupa Birliği'nin 2030 İklim Hedeflerinin sürdürülebilir gıda üretimi üzerindeki etkileri, enerji verimliliğinin maksimizasyonu, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve çevresel etkilerin en aza indirilmesi gibi kritik konuları kapsamaktadır. Bu hedefler, gıda üretimi sektörünü yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme ve karbon emisyonlarını düşüren teknolojilere geçiş yapmaya teşvik etmektedir. Elektriksel yöntemler, bu dönüşümün öncüsü olarak rol almakta, enerji tüketimini azaltmakta ve gıda işleme ile tarımsal verimliliği iyileştirmektedir. Bu teknikler, sürdürülebilir gıda üretim pratiklerini ilerletmede ve Avrupa Birliği'nin iklim hedeflerine ulaşmada önemli bir yer tutmaktadır.

Şirketlerin Avrupa Birliği İklim Hedeflerine uyum süreci, karbon emisyonlarını düşürme ve sürdürülebilir iş modellerine geçiş yapma gibi önemli zorlukları beraberinde getirmektedir. Bu süreç, enerji verimliliğinin artırılması, yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapılması ve karbon izlerini minimize edecek yenilikçi çözümlerin hayata geçirilmesini zorunlu kılmaktadır. Aynı zamanda, Avrupa Birliği'nin iklim yasalarına ve düzenlemelerine uyumu da şart koşmaktadır. İşletmeler, finansal ve operasyonel yapısını bu yeni çevresel standartlara uyumlu hale getirebilmek için stratejik planlamalar ve yatırımlar yapmalıdır. Bu adımlar, çevresel sürdürülebilirliğin yanı sıra uzun vadeli ticari başarı için de elzemdir.

Artan küresel nüfus ve iklim değişikliği karşısında sürdürülebilir gıda üretiminin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Bu makalede tartışılan yenilikçi yöntemler, ekolojik ve ekonomik faydalar sunarak gıda güvenliğini pekiştirmekte ve çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir. Su ve toprak korumasından enerji verimliliğine kadar geniş bir spektrumda uygulanan bu teknikler, mevcut neslin ihtiyaçlarını karşılamakla kalmayıp, aynı zamanda gelecek nesiller için sürdürülebilir bir gelecek sağlama amacını da gütmektedir. Dolayısıyla, sürdürülebilir gıda üretimi alanında atılacak cesur ve inovatif adımlar, toplumun bütünü için hayati bir öneme sahip olmaya devam etmektedir.

Kaynakça

- Başaran, A., Yılmaz, T., Çivi, C. (2023). Experimental investigation and evaluation of the thermodynamical performance of a novel hybrid design for milk pasteurization. *Thermal Science and Engineering Progress*, 44, 102028. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2023.102028>
- Başaran, A., Yılmaz, T., Azgin, S., & Çivi, C. (2021). comparison of drinking milk production with conventional and novel inductive heating in pasteurization in terms of energetic, exergetic, economic and environmental aspects. *Journal of Cleaner production*, 317, 128280. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128280>
- Bertram, C., Riahi, K., Hilaire, J., Bosetti, V., Drouet, L., Fricko, O., Luderer, G. (2021). Energy system developments and investments in the decisive decade for the paris agreement goals. *Environmental Research Letters*, 16(7), 074020. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac09ae>

- Bondarenko, S., Perevozova, I., Maksimenko, T. (2020). Implementation of innovative projects using renewable energy sources in the fields of “future economy”. *Journal of Scientific Papers "Social Development and Security"*, 10(3), 145-157. <https://doi.org/10.33445/sds.2020.10.3.13>
- Bordonal, R. d. O., Carvalho, J. L. N., Lal, R., Figueiredo, E. B. d., Oliveira, B. G. d., Scala, N. L. (2018). Sustainability of sugarcane production in brazil. a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 38(2). <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0490-x>
- Chughtai, M. F. J., Farooq, M. A., Ashfaq, S. A., Khan, S., Khaliq, A., Antipov, S., Shariati, M. A. (2021). Role of pascalization in milk processing and preservation: a potential alternative towards sustainable food processing. *Photonics*, 8(11), 498. <https://doi.org/10.3390/photonics8110498>
- Cifuentes-Faura, J. (2022). European union policies and their role in combating climate change over the years. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 15(8), 1333-1340. <https://doi.org/10.1007/s11869-022-01156-5>
- Cortes, A., Feijóo, G., Fernández, M. J. M. (2021). Pursuing the route to eco-efficiency in dairy production: the case of galician area. *Journal of Cleaner Production*, 285, 124861. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124861>
- Cosentino, A., Paoloni, P., Iannone, B., Temperini, V. (2020). Tradition, innovation and relationships: emergent profiles from agro-food italian industry. *British Food Journal*, 123(1), 279-299. <https://doi.org/10.1108/bfj-04-2020-0306>
- Çivi, C., Akkaya, S., Yılmaz, T. (2021). Design and manufacturing of an inductive liquid food heat treatment–filling system. *Sādhanā*, 46(4). <https://doi.org/10.1007/s12046-021-01752-8>
- Tian, X., Shao, L., Yu, Q., Silva-Vera, W., Li, X., Dai, R. (2020). Comparative analysis of quality uniformity of ohmic and water bath heating treated pork batter with different fat content. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(4). <https://doi.org/10.1111/jfpp.14377>
- Dębowski, M., Świca, I., Kazimierowicz, J., Zieliński, M. (2022). Large scale microalgae biofuel technology—development perspectives in light of the barriers and limitations. *Energies*, 16(1), 81. <https://doi.org/10.3390/en16010081>
- Drewnowski, A., Monterrosa, E., Pee, S. d., Frongillo, E. A., Vandevijvere, S. (2020). Shaping physical, economic, and policy components of the food environment to create sustainable healthy diets. *Food and Nutrition Bulletin*, 41(2_suppl), 74S-86S. <https://doi.org/10.1177/0379572120945904>
- Friedlingstein, P., Jones, M. W., O’Sullivan, M., Andrew, R. M., Bakker, D. C. E., Hauck, J., Grilli, G., Bales, J., Meo, I. D., Garegnani, G., Paletto, A. (2016). Experts' opinions on the effects of renewable energy development on ecosystem services in the alpine region. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 8(1). <https://doi.org/10.1063/1.4943010>
- Herrero, M., Hugas, M., Lele, U., Wirakartakusumah, A., Torero, M. (2023). A shift to healthy and sustainable consumption patterns. *Science and Innovations for Food Systems Transformation*, 59-85. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15703-5_5
- Jaffry, S., Glenn, H., Ghulam, Y., Willis, T. J., Delanbanque, C. (2016). Are expectations being met? consumer preferences and rewards for sustainably certified fisheries. *Marine Policy*, 73, 77-91. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.07.029>
- Jug, D., Jug, I., Brozović, B., Vukadinović, V., Stipešević, B., Đurđević, B. (2018). The role of conservation agriculture in mitigation and adaptation to climate change. *Poljoprivreda*, 24(1), 35-44. <https://doi.org/10.18047/poljo.24.1.5>
- Lal, R. (2022). Reducing carbon footprints of agriculture and food systems. *Carbon Footprints*, 1(1), 3. <https://doi.org/10.20517/cf.2021.05>
- Maitra, S., Hossain, A., Brestič, M., Skalický, M., Ondrišík, P., Gitari, H. I., Sairam, M. (2021). Intercropping—a low input agricultural strategy for food and environmental security. *Agronomy*, 11(2), 343. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020343>

- Mesías-Ruiz, G. A., Pérez-Ortiz, M., Dorado, J., Castro, A. I. d., Peña, J. M. (2023). Boosting precision crop protection towards agriculture 5.0 via machine learning and emerging technologies: a contextual review. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1143326>
- Nedamani, A., Hashemi, S. (2022). energy consumption computing of cold plasma-assisted drying of apple slices (yellow delicious) by numerical simulation. *Journal of food process Engineering*, 45(5). <https://doi.org/10.1111/jfpe.14019>
- Orimoloye, I. R. (2022). Agricultural drought and its potential impacts: enabling decision-support for food security in vulnerable regions. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.838824>
- Rajan, A., Boopathy, B., Radhakrishnan, M., Rao, L., Schlüter, O., Tiwari, B. K. (2023). Plasma processing: a sustainable technology in agri-food processing. *Sustainable Food Technology*, 1(1), 9-49. <https://doi.org/10.1039/d2fb00014h>
- Ricke, K., Drouet, L., Caldeira, K., Tavoni, M. (2018). Country-level social cost of carbon. *Nature Climate Change*, 8(10), 895-900. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0282-y>
- Sawai, A., Okamura, T., Miyamoto, N., Kameya, T., Shinfuku, Y., Nakajima, T., Takanashi, H. (2019). A demonstration of mass-spectrometric exploration of organic ecotoxicants from simulated sewage-treatment-plant effluents. *Journal of Water and Environment Technology*, 17(4), 251-261. <https://doi.org/10.2965/jwet.18-083>
- Singh, U., Choudhary, A. K., Sharma, S. (2020). Agricultural practices modulate the bacterial communities, and nitrogen cycling bacterial guild in rhizosphere: field experiment with soybean. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(7), 2687-2695. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10893>
- Steel, D., DesRoches, C. T., Mintz-Woo, K. (2022). Climate change and the threat to civilization. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(42). <https://doi.org/10.1073/pnas.2210525119>
- Sundaresan, S., Johnson, S. D., Bharathy, V. M., Kumar, P. M. P., Surendar, M. (2023). Machine learning and iot-based smart farming for enhancing the crop yield. *Journal of Physics: Conference Series*, 2466(1), 012028. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2466/1/012028>
- Thaler, S., Eitzinger, J., Trnka, M., Dubrovský, M. (2012). Impacts of climate change and alternative adaptation options on winter wheat yield and water productivity in a dry climate in central europe. *The Journal of Agricultural Science*, 150(5), 537-555. <https://doi.org/10.1017/s0021859612000093>
- Verkerk, P. J., Delacote, P., Hurmekoski, E., Kunttu, J., Matthews, R. W., Mäkipää, R., Trømborg, E. (2022). Forest-based climate change mitigation and adaptation in europe. *From Science to Policy*. <https://doi.org/10.36333/fs14>
- Vörösmarty, C. J., Melillo, J. M., Wuebbles, D. J., Ando, A. W., Chen, M., Tuler, S., Zhang, J. (2023). Applying the framework to study climate-induced extremes on food, energy, and water systems (c-fews): the role of engineered and natural infrastructures, technology, and environmental management in the united states northeast and midwest. *Frontiers in Environmental Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1070144>
- Wu, J. (2009). Environmental compliance: the good, the bad, and the super green. *Journal of Environmental Management*, 90(11), 3363-3381. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.05.017>
- Ye, S. Y. (2022). Understanding the role of environmental concern in green-product purchase intention. *Proceedings of the 2022 International Conference on Economics, Smart Finance and Contemporary Trade (ESFCT 2022)*, 1281-1297. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-052-7_143

- Zábojník, S., Hričovský, M. (2021). Balancing the slovak energy market after the adoption of “fit for 55 package”. SHS Web of Conferences, 129, 05015. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202112905015>
- Zeng, J. (2022). Global carbon budget 2021. Earth System Science Data, 14(4), 1917-2005. <https://doi.org/10.5194/essd-14-1917-2022>
- Zhang, T., He, J., Feng, H., Zhan, X. (2019). Improvement of soil nutrient and biological properties and establishment of lycium barbarum l. in an impermeable saline-sodic soil using drip irrigation. Soil Research, 57(1), 75. <https://doi.org/10.1071/sr18202>

