



ÜSİMP Ulusal Patent Fuarı ve Üniversite-Sanayi İşbirliği Ulusal Kongresi ile birlikte

PARALEL ETKİNLİK

ÜSİMP AR-GE ve TASARIM MERKEZLERİ Sempozyumu

Bildiri Kitabı

28-29 KASIM 2024
ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi, Ankara

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	4
AR-GE VE TASARIM MERKEZLERİ SEMPOZYUMU BİLİMSEL KOMİTESİ.....	6
YEŞİL DÖNÜŞÜM İÇİN ULUSAL VE ULUSLARARASI UYGULAMALAR	7
<i>TAV Bilişim Hizmetleri ArGe Departmanında ArGe Proje Yönetimi ve Eureka ITEA4 Kapsamında Yürütülen Projeler.....</i>	<i>8</i>
YEŞİL DÖNÜŞÜM İÇİN SANAYİ ÜNİVERSİTE İŞBİRLİKLERİ	20
<i>Yeşil Dönüşüm Sürecinde Üniversite Sanayi İş Birliği: Teknoloji Geliştirme Yolunda Ortak Adımlar ...</i>	<i>21</i>
<i>Akıllı Enerji Yönetim Sistemi , Enerji Tüketimi ve Çevresel Etkileri</i>	<i>31</i>
YEŞİL DÖNÜŞÜME SEKTÖRDEN BAĞIMSIZ YAKLAŞIM	36
<i>100 Soruda Yeşil Performans.....</i>	<i>37</i>
ÜSİ UYGULAMALARINI KOLAYLAŞTIRICI MODEL VE YAKLAŞIMLAR	44
<i>İnovasyon Odaklı Üniversite Sanayi İş Birliğinde Teknoloji Transfer Ofislerinin ve Teknoparkların Rolü: Çember Modeli</i>	<i>45</i>
<i>Ar-Ge De Stratejik Planlama</i>	<i>51</i>
DEĞİŞİM ORTAMINDA EKOSİSTEMDEN UYGULAMALAR	58
<i>Anahtar Performans Göstergeleri ve Üniversite Sanayi İşbirliğindeki Yeri</i>	<i>59</i>
YEŞİL DÖNÜŞÜM YENİDEN DEĞERLENDİRME	63
<i>Islak Mendil Hijyenik Ambalaj Atıklarının Mekanik Geri Dönüşümlerine Yönelik Mono Yapıda Makine Yönünde Oryante Edilmiş ve Bariyer Özelliği Kazandırılmış Poliölefin Film Geliştirilmesi.....</i>	<i>64</i>
<i>Tekstil İpliği Kullanılarak Araç Yakıt Filtresi Geliştirilmesi</i>	<i>69</i>
ÜRÜN-PROSES GELİŞTİRME, TASARIM.....	76
<i>Mekanik ve Hidrolik Disk Frenli Rotor Geliştirilmesi.....</i>	<i>77</i>
<i>Konik Yapı Gereksinimi Duymayan Hassas Debi Geçişine Sahip Gaz Musluğu Tasarımı ve Geliştirilmesi.....</i>	<i>82</i>
YEŞİL ENERJİ.....	86
<i>Vinç Sistemlerinde Hareketin Yenilenebilir Enerji Entegrasyonu ile Güneş Panelleri Aracılığıyla Sağlanması.....</i>	<i>87</i>
<i>Su Kaydıraklarında Enerji Verimliliği ve Aydınlatma Çözümleri</i>	<i>93</i>
<i>Tam Metin Bildiri Kuralları Yerli ve Milli Yeni Nesil Akü Redresör Grupları ve Redresör Yönetim Sistemi Geliştirilmesi.....</i>	<i>103</i>
<i>Kurşun-Asit Akü Kutu ve Kapaklarında Geri Dönüşüm PP (rPP) Malzeme Kullanımı.....</i>	<i>111</i>
<i>Atkı İpliği Renkli Pamuktan Elde Edilen Denim Kumaşların/Giysilerin Performans Özelliklerinin İncelenmesi.....</i>	<i>117</i>
PROSES GELİŞTİRME	126
<i>Denim Kumaşların Açık En Olarak Jigger Makinesinde Ozon Gazı ile Efeektlendirilmesi / Soldurulması ve Sürdürülebilir Proses Geliştirilmesi.....</i>	<i>127</i>
<i>Excimer Teknolojisi İle Uygulanan Mükemmel Çizilme Direncine Sahip Full Mat SPC Parke Verniği</i>	<i>136</i>
<i>Üniversite Sanayi İşbirliğinde Başarı Örneği: Örgü İşlemlerindeki Tüm Girdi Değişkenlerine Duyarlı Bir Akıllı Üretim Yürütme Sisteminin Geliştirilmesi</i>	<i>141</i>
DİJİTAL DÖNÜŞÜM, DERİN ÖĞRENME.....	148
<i>Endüstriyel Otonom Mobil Robotlar İçin Özgün Bir Yanaşma Algoritması: TDA.....</i>	<i>149</i>
<i>Fabrikalarda Kullanılacak Yapay Zeka Destekli İnsan Tespit Sisteminin Geliştirilmesi</i>	<i>157</i>
<i>VR ve MR Teknolojilerini Kullanarak Çalışan Eğitiminde Verimlilik ve Güvenliği Artırma</i>	<i>161</i>
YENİ MALZEME.....	166
<i>Yağ-Yakıt Filtresi Metal Kovanlarında Poliester Toz Boya Yerine Epoksi-Poliester Özellikli Toz Boya Kullanımının Araştırılması</i>	<i>167</i>
<i>Unlu Mamullerde Sodyum Azaltma Çalışmaları.....</i>	<i>173</i>

<i>Deniz Kolajeninin İç Faz ve Dış Faz Olarak Kullanılmak Üzere Püskürterek Kurutma Yöntemi ile Mikroenkapsülasyon Olanaklarının Araştırılması</i>	<i>177</i>
DİJİTAL DÖNÜŞÜM, AKILLI SÜREÇLER	187
<i>Dijital Dönüşüm: İş Süreçlerinin Verimliliğinin Artırılması</i>	<i>188</i>
<i>J-Smart Akıllı Jet Fan Otomasyon Uygulaması.....</i>	<i>193</i>
<i>Otonom Depolama ve Lojistik Sistemleri.....</i>	<i>198</i>
ROBOTİK.....	209
<i>Robotik Sistemler ile E-Ticarete Verimlilik Artışının Sağlanması</i>	<i>210</i>
<i>Otonom Mobil Robotlarda Steer Sürüş Prensibine Sahip Tekerlek Seti Tasarımı</i>	<i>215</i>
<i>Advoard Robotics; İş birlikli Otonom Filo Robotlar</i>	<i>223</i>
<i>Çatı Tipi Güneş Panel Temizleme Robotunun Geliştirilmesi</i>	<i>229</i>
EKOSİSTEMDEN AR-GE VE YENİLİK UYGULAMALARI ÖZEL SERGİSİ.....	235
<i>Endüstriyel Tesislerde Enerji Verimliliğini Artırmak İçin Hava Kaçaklarının Tespiti Ve Onarımı</i>	<i>236</i>
<i>Traktör Arka Koruyucu Yapının Güvenlik Testinin Sonlu Elemanlar İle Benzetimi</i>	<i>242</i>
<i>Otomotiv Koltuklarında Easy Entry Mekanizması: BSR Gürültüsü ve İşlevsellik Optimizasyonu</i>	<i>251</i>
<i>Yeşil Dönüşümde MES (Manufacturing Execution System) Sistemleri ile Verimliliğin ve Sürdürülebilirliğin Artırılması</i>	<i>258</i>
ÖZET BİLDİRİLER	262
<i>Buluş Sahibi Öğretim Elemanının Buluşunu Şirket Kurma Yoluyla Ticarileştirmesi</i>	<i>263</i>
<i>Tekstil Fitol Atıklarının Kâğıt Üretiminde Alternatif Lif Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi: Üniversite-Sanayi İşbirliği Projesi</i>	<i>265</i>
<i>Cam Elyaf Takviyeli Plastik Atık Katkılı Polyester Kompozitlerin Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi.....</i>	<i>266</i>
<i>Yüksek Tonajlı Ürünlerin Taşınmasında Hava Yastıklı Transfer Araçlarının İnovatif Tasarımı Ve Optimizasyonu.....</i>	<i>268</i>
<i>Üniversite Sanayi İş Birliği Projelerinin Katkıları ve N-Touch Hibrid Kontrol Sistemi</i>	<i>269</i>
<i>Broiler Çiftliklerinde ELISA Testiyle Enfeksiyon Teşhisi için Karar Destek Sistemi</i>	<i>270</i>
<i>Kumaş Tuşesinin Sayısallaştırılmasını Sağlayan Yöntem Geliştirilmesi</i>	<i>271</i>
<i>Orman Yangını Tespiti için Derin Öğrenme Tabanlı DeepWatcher Termal Radar Teknolojisi</i>	<i>272</i>
<i>Yeşil Kimya – Düşük VOC ve Yüksek Katılı Kaplama Sistemleri</i>	<i>276</i>

ÖNSÖZ

ÜSİMP, Haziran 2007 tarihinde TÜBİTAK ÜSAMP Programı kapsamında 1997’den itibaren desteklenen altı Merkez (*Adana Üniversite-Sanayi Ortak Araştırma Merkezi Derneği- Adana ÜSAMP, Biyomedikal Teknolojiler Merkezi Derneği - BİYOMEDTEK, OSTİM Ortadoğu İleri İmalat Sistemleri ve Teknolojileri Ar-Ge Merkezi A.Ş. - ODAGEM, İTÜ Otomotiv Araştırma Merkezi, OTAM A.Ş.- OTAM, Seramik Araştırma Merkezi A.Ş. – SAM ve Türk Tekstil Vakfı - TTV*) tarafından ÜSAMP Programı çalışmaları ile geçen on yılda kazanılmış bilgi ve deneyimin paylaşılması ve yaygınlaştırılabilmesi amacıyla kurulmuştur.

Kuruluşunun akabinde, 2008 yılında ilk **“Üniversite Sanayi İşbirliği Ulusal Kongresi”** düzenlemiştir.

ÜSİMP, Üniversite-sanayi işbirliği ve teknoloji transferi konusunda ulusal ekosistemi geliştirmek, ve olgunlaştırmak misyonu doğrultusunda, yıllar içinde ortaya çıkan yeni ihtiyaçları öngörerek kurguladığı farklı faaliyetler ile çalışma alanını genişletmiş ve çeşitlendirmiştir.

Bu bağlamda, 2008 yılında yayınlanan Araştırma, Geliştirme ve Tasarım Faaliyetlerinin Desteklenmesi Hakkında Kanun çerçevesinde faaliyet gösteren öncü Sanayi Ar-Ge Merkezleri kuruluşlarını 2012 yılında ilk kez düzenlediği **“Ar-Ge Merkezleri Sempozyumu”** kapsamında Adana’da toplamıştır.

Akabinde, TÜBİTAK 1513 programı ile desteklenmeye başlayan Teknoloji Transfer Ofisleri’nden beklenen **“Üniversitelerdeki buluşların patentlenmesi ve ticarileştirilmesi”** hedefine destek olmak için ülkemiz kaynaklarıyla geliştirilen teknolojilerin yerleşik sanayimize de ulaştırılması amacıyla 2015 yılında ilk kez **“Ulusal Patent Fuarı”** düzenlenmiş ve 2017 yılından itibaren ise etkinlik daha kapsamlı bir çehreye kavuşmuş, **“ÜSİMP ULUSAL Kongresi ve Fuarı”** adı ile her yıl düzenlenen bir **“geleneksel ekosistem buluşması”**na dönüşmüştür.

Bu etkinliklerde, Üniversitelerde ve sanayi Ar-Ge merkezlerinde üretilen teknolojilere dayanarak patent başvurusu yapılmış ve/veya tescil alınmış patentler sergilenmekte. Teknoloji Transfer Ofisleri açtıkları stantlarda kurumlarını, çalışmalarını, teknolojilerini tanıtmakta ve sektör temsilcileri ile teknoloji sahibi Üniversite öğretim elemanları ve TTO temsilcileri önceden belirlenmiş ikili görüşmeler gerçekleştirmektedirler. Üniversitelerimizde üretilen bilgi ve teknolojilerin yerleşik sanayimize daha kolaylıkla aktarılması için yeni iş birlikleri oluşturma fırsatı da yakalamaktadırlar.

Her yıl 800 kişiden fazla katılımcının ziyaret etmekte olduğu etkinliklere üniversite TTO’ları, sanayi kuruluşları, kamu kurumları ve patent firmaları katılım göstermekte ve ulusal sınai mülkiyet ekosisteminde ciddi etki yaratılmaktadır. Ancak, etkinliğin amacı sadece Patent ticarileştirilmesi değildir. Üniversite-Sanayi tanışmaları ve görüşmeleri sonucu Patente gidebilecek **yeni ortak projelerin tetiklenmesi**, TTO’ların mevcut patentlerinin **Teknoloji Hazırlık Seviyelerinin (THS) olgunlaştırılmasına yönelik devam niteliğinde Sanayi ortaklı projeler başlatılması** gibi hedefler de bulunmaktadır. Taraflar arasındaki ilişkilerin

kuvvetlendirilmesine yardımcı olmak üzere Ar-Ge ve Tasarım Merkezleri de özel olarak ekosistem toplantımıza eklemlenmiştir.

2024 yılı etkinliğimize “**Ulusal Ar-Ge ve Tasarım Merkezleri Sempozyumu**”nu da dahil ederek 2012 yılında ilk kez Adana’da düzenlediğimiz Ar-Ge Merkezleri Sempozyumu’nun da kaldığı yerden devam etmesi ve sanayimizin önceliği ve ihtiyacı olan konularda ortak çalışmaların tetiklenmesi için kolaylaştırıcı bir ortam hazırlanması düşünülmüştür. Ayrıca, Sanayi sektöründeki bazı özgün uygulamaların sergilendiği “**Ekosistemden Ar-Ge ve Yenilik Uygulamaları Özel Sergisi**” de etkinliği tamamlayıcı olacaktır.

Bu yıl 27-29 Kasım 2024 tarihleri arasında Ankara’da ODTÜ KKM’de “**ÜSİMP ULUSAL Kongresi, Fuarı ve Sempozyumu**” adı ile gerçekleştirilecek bu kapsamlı bütünleşik etkinlik, ulusal Ar-Ge ve Yenilik ekosistemi paydaşlarımızın tümünü; Üniversiteleri, Sanayi kuruluşları ve Kamu kurumları ile destekleyici yapıları bir araya getirecektir.

Sanayi Ar-Ge ve Tasarım Merkezlerimizden son derece yoğun bir ilgi görmüş ve toplam 70 kadar bildiri özeti toplanmıştır. Bilimsel Jüri’nin çok zorlandığı değerlendirme kapsamında, Sanayi Ar-Ge Merkezi ile Üniversite’nin ortak çabaları ve emekleri ile süreç ve ürünlere özgün yenilik getiren 47 adet çalışma “**Ar-Ge ve Tasarım Merkezleri Sempozyumu**” kapsamında sunulmak üzere seçilmiştir. Bu E-kitap bu bildirileri kapsamak üzere hazırlanmıştır.

ÜSİMP Yürütme Kurulu olarak, E-kitabın, Üniversite-sanayi işbirliği ile yürütülecek gelecek çalışmalara ve ortak projelere esin kaynağı olmasını diliyoruz.

Prof. Dr A. Hamit SERBEST
ÜSİMP Yürütme Kurulu Başkanı

AR-GE VE TASARIM MERKEZLERİ SEMPOZYUMU BİLİMSEL KOMİTESİ

Prof. Dr. Ali GÖKTAN

Prof. Dr. Candeğer YILMAZ

Doç. Dr. Erbil PAYZIN

Prof. Dr. Erol TAYMAZ

Prof. Dr. Ferhat KARA

İffet İYİGÜN MEYDANLI

Kaan DERİCİOĞLU

Mahmut KİPER

Müfit Akyos (EDİTÖR)

Dr. Rezzan KARAASLAN



YEŞİL DÖNÜŞÜM İÇİN ULUSAL VE ULUSLARARASI UYGULAMALAR

TAV Bilişim Hizmetleri ArGe Departmanında ArGe Proje Yönetimi ve Eureka ITEA4 Kapsamında Yürütülen Projeler

Seçil Heper, M.Gözde Sayın, Gökhan Koç - TAV Bilişim Hizmetleri

secil.heper@tav.aero, gozde.sayin@tav.aero, gokhan.koc@tav.aero

ÖZET

TAV Bilişim Hizmetleri A.Ş., dünya genelinde havacılık sektörüne yönelik ileri teknoloji çözümleri geliştiren bir kuruluştur. ArGe (Araştırma ve Geliştirme) çalışmalarına da büyük önem vermektedir. ArGe departmanı, yenilikçi projeler geliştirerek hem şirketin rekabet gücünü artırmayı hem de sektöre yenilikçi çözümler sunmayı hedeflemektedir. Bu hedefler arasında tüm şirketi gelecek nesil teknolojilere hazırlamak, teşviklerden yararlanarak son teknoloji ve katma değeri yüksek yeni ürünler geliştirmek, çalışanların gelişim süreçlerine çeşitli programlarla katkı sunmak, Türkiye'de ve Avrupa'da havacılık endüstrisinin en iyi araştırma ve geliştirme merkezlerinden biri olmak, havacılık literatürünü zenginleştirmek ve ulusal ve uluslararası iş birliği geliştirmek yer almaktadır. Bu hedefler doğrultusunda TAV Bilişim Hizmetleri, sektördeki yenilikleri takip ederek, sürdürülebilir büyümeyi ve gelişmeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, ArGe proje yönetimi, teknoloji geliştirme sürecinin temel taşlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Özellikle uluslararası iş birlikleri ve projeler, TAV Bilişim Hizmetleri'nin ArGe stratejisinin önemli bir parçasıdır. Bu yazıda, TAV Bilişim Hizmetleri ArGe departmanındaki proje yönetimi süreçleri ve Eureka ITEA4 programı kapsamında yürütülen projeler üzerinde durulacaktır.

ArGe Proje Yönetimi, bir projenin başlangıcından tamamlanmasına kadar olan tüm proje yaşam döngüsünü kapsamaktadır. Bu döngü, fikir aşamasından başlayarak, araştırma, geliştirme, test ve uygulama süreçlerini içermektedir. TAV Bilişim Hizmetleri, bu süreçlerin her aşamasında disiplinli bir yönetim anlayışı benimseyerek, projelerin zamanında ve bütçeye uygun şekilde tamamlanmasını sağlamaktadır. ArGe proje yönetimi, ayrıca risk yönetimi, kaynak planlaması, performans takibi ve kalite kontrol gibi kritik bilgi alanlarını da içermektedir. Bu bağlamda geleneksel proje yönetimi yaklaşımı benimseniyor gibi düşünülse de, TAV Bilişim Hizmetleri çevik zihniyetin yönetim kademesinden çalışanlara kadar başarılı bir şekilde iletilmesini sağlayarak, çevik proje yönetim yaklaşımının projelere değer katacak bazı süreç ve unsurlarını, uyguladığı hibrit proje yönetim yaklaşımının içine entegre etmiştir.

Eureka ITEA4 programı, yenilikçi bilgi teknolojileri projelerini destekleyen bir uluslararası iş birliği programıdır. Bu program, bilgi ve iletişim teknolojileri (ICT) alanında faaliyet gösteren şirketlerin, üniversitelerin ve araştırma enstitülerinin bir araya gelerek yenilikçi projeler geliştirmelerini teşvik etmektedir. TAV Bilişim Hizmetleri, bu program kapsamında çeşitli projelere liderlik etmekte ve/veya ortak olarak yer almaktadır. Bu projeler, havalimanı yönetimi, güvenlik, operasyonel verimlilik ve müşteri deneyimi gibi kritik alanlarda yenilikçi çözümler geliştirmeyi amaçlamaktadır.

Bu projelerden biri olan SOCFAI (Secure Open Collaboration Framework powered by Artificial Intelligence – Yapay Zekâ Destekli Güvenli Açık İş Birliği Platformu) projesi, havalimanları ve diğer kritik ulaşım merkezlerinde operasyonel verimliliği artırmak için yapay zekâ destekli bir operasyon kontrol çerçevesi geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu proje, operasyonel sistemler arasında bilgi paylaşımını ve koordinasyonu artırarak, verimlilik ve güvenlik açısından önemli

iyileştirmeler sağlamayı hedeflemektedir. Türkiye, Kore Cumhuriyeti ve Singapur ortaklığında 10 paydaşla birlikte yürütülen bir projedir.

Bir diğer proje olan SINTRA (Security of Critical Infrastructure by Multi-Modal Dynamic Sensing and AI – Kritik Altyapı Güvenliğini Çoklu Sensör ve Dinamik Yapay Zekâ Kullanarak Sağlama) projesi, kritik altyapıların güvenliğini sağlamak amacıyla geliştirilmiş bir projedir. Bu proje kapsamında, çok modlu algılama ve yapay zekâ destekli veri analizi teknolojileri kullanarak, kritik altyapıların güvenliğinin artırılması amaçlanmaktadır. Projede, İzmir Adnan Menderes Havalimanı, Moerdijk Limanı, Kemi Limanı, inşaat sahaları ve demiryolu sahaları gibi çeşitli kullanım alanlarında geliştirilen durum senaryoları aracılığıyla son kullanıcıların gereksinimleri toplanmakta ve bu gereksinimlerin karşılanmasına yönelik çözümler geliştirilmeye çalışılmaktadır. SINTRA, bu alanlarda, güvenlik tehditlerinin tespiti ve yönetimi konusunda önemli yenilikler sunmayı planlamaktadır. SINTRA, Türkiye, Finlandiya, Belçika ve Hollanda ortaklığında 30 paydaşla birlikte yürütülen bir projedir. SOCFAI ve SINTRA projeleri, TAV Bilişim Hizmetleri'nin koordinatörlüğünde yürütülen çok paydaşlı projelerdir.

TAV Bilişim Hizmetleri'nin ortak olarak yer aldığı bir proje ise CAPE (Cognitively Smart Assistant in Phygital Environment- Fiziksel-Dijital Ortamlar İçin Bilişsel Destekli Asistan) projesidir. CAPE ekonomide önemli bir rol oynayan perakende sektöründeki dönüşüm ihtiyacını ele almaktadır. CAPE, sektörü çok kanallı bir endüstriye dönüştürmeyi, gelişmiş analitiklere odaklanarak büyümeyi, operasyonel verimliliği ve bilgi teknolojilerini modernize etmeyi hedeflemektedir. Müşterilerin çevrimiçi ve çevrimdışı alışveriş faaliyetlerine yönelik eğilimini tanıyan proje, kişiselleştirilmiş ve kesintisiz bir alışveriş deneyimi yaratmayı, bir kanaldan diğerine başlatılan alışverişlerin devamını sağlayacak stratejiler oluşturmayı hedeflemektedir. TAV Bilişim Hizmetleri bu projede biyometrik çalışan takip uygulamaları geliştirmeyi planlamaktadır. CAPE, Türkiye, Kore Cumhuriyeti, Singapur, Portekiz ve Romanya ortaklığında 15 paydaşla yürütülen bir projedir.

TAV Bilişim Hizmetleri, bu projeler aracılığıyla yalnızca kendi teknolojik altyapısını güçlendirmekle kalmayıp, aynı zamanda uluslararası alanda da sektör liderliğini pekiştirmektedir. ArGe departmanında yürütülen bu tür projeler, şirketin küresel pazarda rekabet gücünü artırırken, aynı zamanda sektörün geleceğine yön veren yenilikçi çözümler sunmaktadır. Bu projeler, TAV Bilişim Hizmetleri'nin sürdürülebilir büyüme stratejisine katkı sağlamakta ve şirketin teknoloji odaklı dönüşüm sürecini hızlandırmaktadır. TAV Bilişim Hizmetleri ArGe departmanı, disiplinli bir proje yönetimi yaklaşımı ve uluslararası iş birlikleri ile sektördeki konumunu güçlendirmektedir. Eureka ITEA4 gibi programlar kapsamında yürütülen projeler, şirketin ArGe faaliyetlerine ivme kazandırmakta ve havacılık sektörüne yenilikçi çözümler sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: ArGe, proje yönetimi, teşvik, ITEA4, SOCFAI, SINTRA, CAPE

GİRİŞ

TAV Bilişim Hizmetleri'nin ürünleri ve hizmetleri TAV Havalimanları Holding tarafından işletilen Antalya Havalimanı, Bodrum Havalimanı, Ankara Esenboğa Havalimanı, İzmir Adnan Menderes Havalimanı, Gürcistan Tiflis ve Batum Havalimanları, Tunus Monastir Habib Bourguibave Enfidha-Hammamet Havalimanları, Üsküp Alexander the Great ile Ohrid St. Paul

the Apostle Makedonya Uluslararası Havalimanı gibi uluslararası havalimanları da dâhil olmak üzere birçok havalimanında kullanılmaktadır. Sistem analizinden tasarıma, danışmanlıktan desteğe TAV Bilişim Hizmetleri hizmet ve ürünleriyle havalimanlarına çözümler üretmektedir. TAV Bilişim Hizmetleri ürün geliştirme ve kurulumlarında müşterilerinin operasyonunu kesintiye uğratmayarak hızlı ve kaliteli hizmet vermeye devam etmektedir.

TAV Bilişim Teknolojileri bünyesinde 2022 yılı içinde 6 yeni projenin başvurusu gerçekleştirmiş ve bu başvurularda önceki yıllara göre kabul oranları da artırılmıştır. Uluslararası F4ITECH projesi 2022 yılı içinde HAMLE, SOCFAI, SINTRA projeleri 2023 ve CAPE projesi ise 2024 yılı içinde başlatılmıştır. TAV Bilişim Teknolojileri, ArGe ekseninde, çoğu uluslararası olmak üzere, 174 farklı firma, üniversite, startup ile çeşitli programlar kapsamında işbirliği yapmaktadır. Bu yazıda hem TAV bilişim Hizmetleri bünyesinde yürütülen projelerin proje yönetim faaliyetlerinden hem de halen devam etmekte olan SOCFAI, SINTRA ve CAPE projelerinden bahsedilecektir.

TAV Havalimanları Holding, yeşil dönüşüm ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için büyük bir potansiyele sahiptir. Bu bağlamda TAV Bilişim Teknolojileri, mevcut proje portföyüne yeşil dönüşüm ve sürdürülebilirlik konularında projeler de eklemek arzusunda. Enerji verimliliğinden su yönetimine, sürdürülebilir ulaşım çözümlerinden akıllı binalara kadar geniş bir yelpazede, çevresel etkiyi azaltacak ve sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunmayı planlamaktadır. Yeşil dönüşüm stratejilerini benimseyen bir havalimanı işletmecisi olarak, TAV, hem çevresel ve ekonomik açıdan önemli kazanımlar elde etmeyi, hem de yeşil dönüşüm sürecinde lider bir konuma gelmeyi hedeflemektedir. Bu makale kapsamında yeşil dönüşüm ve sürdürülebilirlik projelerine de değinilecektir.

TAV BİLİŞİM HİZMETLERİ ARGE DEPARTMANINDA PROJE YÖNETİMİ

Öngörücü, klasik, waterfall, şelale proje yönetimi olarak da bilinen geleneksel proje yönetimi sistematik bir yol izleyerek, bütüncül bir yaklaşımla projenin gereksinimlerini, paydaşların ihtiyaç ve beklentilerini yerine getirme anlamına gelmektedir. Proje yönetimi yalnızca bilgi, beceri, araç ve tekniklerin proje aktivitelerine uygulanması değil, aynı zamanda organizasyon ve raporlama yaparak proje takımına da liderlik etme sanatıdır. Projeler geleneksel yaklaşıma göre, Planla, Uygula, Kontrol et ve Önlem al döngüsüne uygun olarak yürütülmektedirⁱ. Projeden beklenen tamamlanma koşullarıysa projenin zamanında, planlanan proje bütçesini aşmadan, şartname ve sözleşmeye uygun bir kapsamda sonuçlandırılmasıdır. Geleneksel proje yönetiminde, Proje Kısıtlar Üçgeni, demir üçgen, şeytan üçgeni, üçlü kısıtlama olarak da bilinmektedir. Üçlü kısıtlama, işlerin başarılı şekilde tamamlanmaya doğru ilerlemesini sağlamak için kapsam, zaman ve maliyet arasındaki ödünleşimleri yönetmenin zorluklarını ele alırⁱⁱ. Geleneksel yöntemde projeler başlatma, planlama, yürütme, izleme ve kontrol ve kapanış olmak üzere 5 süreç grubundan geçer^{iii iv}.

Günümüzün dinamik yapısı proje yönetiminde değişikliklere yol açmıştır. Ürün yaşam döngüleri kısaldığı, şirketler hızla yeni ürün geliştirmek durumunda kaldığı ve birçok yeni projenin başlatılması gerektiği için hız, kalite, müşteri beklentilerini karşılamak ön plana alınmıştır. İş süreçlerinde ve iş yapış biçimlerinde değişimler başlamıştır. Geleneksel iş süreçlerine bağlı kalan bankacılık, hızlı tüketim, sigorta gibi kararlı endüstriler bile yeni girişimlere ihtiyaçları olduğunu fark etmişler ve bunu yeni projelerle elde edebileceklerini keşfetmişlerdir. Sonuç olarak bilişim teknolojileri ve internetteki köklü değişim, şirketleri yeni bilişim teknolojileri projelerine yatırım yapmaya zorlamıştır^v. Bilişim teknolojileri ve

internetteki köklü değişiklikleri takip edebilmek ve projelerdeki başarısızlıkları gidermek için özellikle yazılım sektöründe faaliyet gösteren bazı organizasyonlar çevik yaklaşımı benimsemiş ve çevik proje yönetimini kullanmak için harekete geçmiştir^{vi}. Çevik yaklaşım ve çevik proje yönetimini anlamak için çevik manifesto incelenmektedir. 2001 yılında yazılım sektöründen 17 düşünce lideri bir araya gelerek çevik manifestoyu ilan etmişlerdir^{vii}.

Çevik bir şirket, hızlı hareket eden, uyumlu ve dayanıklı bir işletmedir. Beklenmedik ve öngörülemeyen değişikliklere ve olaylara, pazardaki fırsatlara ve müşteri gereksinimlerine hızlı bir şekilde uyum sağlama yeteneğine sahiptir. Böyle bir işletme, hızı, uyuma ve dayanıklılığa elverişli süreçler ve yapılar üzerine kurulmuştur ve bu süreç ve yapılar oldukça dinamik ve öngörülemeyen bir iş ortamında rekabet edebilecek performansa ulaşmayı sağlamaktadır^{viii}.

TAV Bilişim Teknolojileri ArGe departmanında geleneksel ve çevik proje yönetiminin unsurlarını barındıran hibrit bir proje yönetim yaklaşımının uygulandığı söylenebilir. Geleneksel proje yönetiminin unsurları olan proje başlatma, planlama, yürütme, kontrol ve kapanış süreçleri TÜBİTAK 1509 Uluslararası Sanayi ArGe Projeleri Destekleme Programı kapsamında uygulanmaktadır. Program ile ülkemizde yerleşik kuruluşların EUREKA altında yer alan araçlara (EUREKA Küme, EUREKA Network, vb.) sundukları proje esaslı araştırma-teknoloji geliştirme ve yenilikçilik faaliyetlerinin desteklenmesi amaçlanmaktadır^{ix}.

Türkiye’de yerleşik, firma düzeyinde katma değer yaratan bir kuruluş olarak TAV Bilişim Hizmetleri de bu programdan yararlanmaktadır. Bu program kapsamında önerisi kabul edilen projelerin belirli bir kapsamı, süresi ve bütçesi bulunmaktadır. Bu da projelerin geleneksel proje yaklaşımına uygun bir şekilde yürütülmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Diğer bir yandan proje önerilerini geliştirmek için çevik bir zihniyetle ilerlenmektedir. TAV Bilişim Hizmetleri çevik zihniyete, değerlere ve prensiplere değer vermekte ve çevik dönüşümün değer yaratmadaki etkisine inanmaktadır. ArGe projeleriyle geliştirilen ürün ve hizmetlerin müşteriye sunulması aşamasındaysa çevik teknik ve yaklaşımlar uygulanmaktadır. Çevğin ilk prensibi müşteri memnuniyetini en yüksek önceliğe yerleştirir ve bu prensip müşterileri memnun eden ürün ve hizmetlerin tesliminde ana unsurdur^x. Bu nedenle TAV Bilişim Hizmetleri rekabetçi ve ilgili kalmaya devam etmek için müşteri gereksinimlerine ve deneyimlerine odaklanmaktadır. Rekabetçi kalmak, mevcut pazar payını korumak ve daha fazla pazara ulaşabilmek adına çevik bir zihniyet benimseme konusunda çalışmalarını üst yönetimin desteğiyle devam etmektedir.

TAV Bilişim Hizmetleri ArGe departmanında da çevik zihniyetle ilerleyen bir çevik ekip oluşturulmuştur. Ekibin hedefi, tüm ekip verimini optimize ederek akış verimliliği sağlamaktır. Burada kendi kendini organize eden ve yönetebilen bir ekipten bahsetmek mümkündür. Çevik Uygulama Kılavuzuna göre, yalnızca emniyetli, dürüst ve şeffaf bir ortamda, ekip üyeleri ve liderler projelerinin ilerlemeyi sürdürdüklerinden emin olmak için başarıları üzerinde derinlemesine düşünürler ya da başarısız oldukları projelerde alınan dersleri uygularlar, böylece aynı kalıplara dönmezler. TAV Bilişim Hizmetleri ArGe departmanında da burada bahsedildiği gibi, emniyetli bir ortam yaratılmıştır. Ekip üyeleri bağlılık ve tutkuyla çalışır, birbirine güvenir, dürüst ve şeffaf bir ortamda düşüncelerini ve çalışmalarını rahatlıkla dile getirirler, birbirlerinden yardım isterler, birbirilerine yardım ederler ve projenin hedeflerini gerçekleştirmek için ortak bir düşünce yapısıyla efor gösterirler. Bu da, TAV Bilişim Hizmetlerinin ve dolayısıyla burada faaliyet gösteren ArGe departmanın çevik yaklaşımı benimsediğinin ve çevik metodolojileri kullandığının bir göstergesidir. Özellikle süreçlerine

uygun olduğu için Ürün Yönetimi departmanı çevik metodolojilerden biri olan Scrum metodolojisini kullanmaktadır. Bu departmanda 2 hafta olarak belirlenen Sprintler koşulur ve Sprint başında yapılan planlama doğrultusunda işler ürün iş listesinden çekilerek gerçekleştirilir. Metodolojiye uygun olarak Scrum Master, Ürün Sahibi ve Geliştirici rolleri bulunmakta, Sprintler sonunda yapılan retrospektif toplantıları tüm şirket departmanlarına açık olarak gerçekleştirilmektedir. Yine metodolojinin gerekliliklerinden biri olan müşteri demoları gerçekleştirilmekte ve müşterilerden gereksinimleri sıklıkla toplanmaktadır. ArGe departmanında da ekip içi toplantılar Günlük Scrum olarak her gün yapılmakta ve proje paydaşlarıyla haftalık düzenli iş birliği toplantıları gerçekleştirilmektedir. Tüm işler Jira ve Confluence programları kullanılarak takip edilmekte, iş birliğini ve iletişimi maksimize edecek araçlar kullanılmaktadır. Sharepoint, Teams vb. uygulamalar ile dosyalar paylaşılmakta ve yüz yüze olduğu kadar uzaktan gerçekleştirilen toplantılarla da iletişim, şeffaflık ve açıklık her daim desteklenmektedir.

SOCFAI: YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ GÜVENLİ AÇIK İŞ BİRLİĞİ PLATFORMU

Proje Konusunu Belirleyen İhtiyaçlar

Havalimanları, limanlar, depolar ve terminaller de dâhil olmak üzere ulaşım merkezleri, günümüzün küreselleşmiş dünyasında giderek daha karmaşık operasyonel zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu projeye duyulan ihtiyaç, bu merkezlerdeki önemli ekonomik kayıplara, çevresel etkilere ve müşteri memnuniyetinin azalmasına neden olan verimsizliklerin temel nedenlerinin acilen ele alınması ihtiyacından kaynaklanmaktadır. Artan sayıda paydaş, farklı operasyonel türler ve sürekli değişen operasyonel ihtiyaçlar, operasyonları optimize etmek ve performansı artırmak için yenilikçi çözümler bulmayı zorunlu hale getirmektedir. Bu proje, SOCFAI yapay zekâ destekli operasyon kontrol çerçevesini/platformunu geliştirerek, ulaşım merkezleri ve operasyonel birimler arasındaki etkileşimi artırmayı, sistem entegrasyonunu kolaylaştırmayı ve temel performans göstergelerinin gerçek zamanlı izlenmesini sağlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca, geleneksel sistemleri modernleştirmeyi, operasyonel verimsizliği azaltmayı, yapay zekâ tabanlı çözümler aracılığıyla öngörülebilirliği artırmayı ve son olarak operasyon yönetimini en son teknolojilerle geliştirmeyi hedeflemektedir. Değişen ulaşım ortamına hızlıca uyum sağlama ve paydaşların, çevrenin ve endüstrinin yararına verimsizliklerle tamamen başa çıkma ihtiyacı bu projeyi motive eden fikirdir.

Projenin Beklenen Çıktıları ve Faydaları

En önemli proje çıktıları üç kategoriye ayrılmıştır:

1. Güvenli Veri İşleme ve İş Birliği:

- Projenin kritik çıktısı olan SOCFAI platformu, güvenli veri işlemeyi sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu, ulaşım merkezlerindeki çeşitli paydaşlar arasındaki veri paylaşımını ve işbirliğini önemli ölçüde artıracak ve verimli bir bilgi alışverişi ortamını teşvik edecektir.
- Projenin yerleşik Avrupa standartlarına ve girişimlerine bağlılığı, birlikte çalışabilirliği ve birden fazla oyuncu arasında kesintisiz veri alışverişini sağlayacaktır; bu, modern ulaşım sistemlerinin verimliliği ve etkinliği açısından kritik öneme sahiptir.
- Proje boyunca akademik yayınların üretilmesi, büyük veri ve yapay zekâ konularında bilginin ilerlemesine katkıda bulunacaktır. Proje, araştırma bulgularını SCI indeksli

dergilerde paylaşarak endüstrideki ilerlemeleri teşvik edecek ve daha geniş taşımacılık ve lojistik alanında yenilikçi çözümlerin benimsenmesini teşvik edecektir.

2. Operasyonel Verimlilik ve Yolcu Deneyiminin İyileştirilmesi:

- Projenin bagaj analitiği, enerji tüketimi tahmini ve yolcu akışı analitiğine yönelik yenilikçi yazılım çözümlerinin ulaşım merkezlerindeki operasyonel verimliliği önemli ölçüde artırması beklenmektedir. Bu, daha sorunsuz, daha uygun maliyetli havaalanı operasyonları, gecikmelerin azaltılması, bagaj işlemlerinin iyileştirilmesi ve kaynak tahsisinin optimize edilmesi anlamına gelmektedir.
- Uçuş gecikmesi tahmini ve gelişmiş yer hizmetleri gibi yapay zekâ odaklı çözümlerin uygulanması, havaalanı operasyonlarını kolaylaştırmayı ve sonuçta maliyet tasarrufu ve gelişmiş kaynak yönetimi sağlamayı vaat etmektedir.
- Yolcu akışı analitiği ve tahmine dayalı analize odaklanan proje, genel yolcu deneyimini geliştirmeyi amaçlamaktadır. Havalimanları, daha sorunsuz yolcu hareketi ve zamanında bagaj teslimatı sağlayarak yolculara daha verimli ve keyifli bir yolculuk sunacaktır.

3. Enerji Tüketiminin Azaltılması ve Sürdürülebilirlik:

- Projenin enerji analitiği, tüketim tahmini ve havaalanı köprülerindeki HVAC gibi yönetim sistemlerine vurgu yapmasının, enerji tüketimini ve maliyetleri önemli ölçüde azaltması beklenmektedir. Bu, havalimanı operasyonlarının ekonomik sürdürülebilirliğini artırırken enerji israfını en aza indirerek daha geniş çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunmaktadır.
- Enerji verimli çözümler, havalimanı operasyonlarının çeşitli yönlerine uygulandığında sürdürülebilirlik ilkeleriyle uyumlu hale gelmekte ve bu ulaşım merkezlerinin çevresel etkilerini potansiyel olarak azaltması beklenmektedir.

SINTRA: KRİTİK ALTAPI GÜVENLİĞİNİ ÇOKLU SENSÖR VE DİNAMİK YAPAY ZEKÂ KULLANARAK SAĞLAMA

Proje Konusunu Belirleyen İhtiyaçlar

SINTRA projesi, havaalanları, limanlar, enerji santralleri, inşaat alanları ve yol ağları gibi kritik endüstriyel ve sivil altyapılardaki önemli emniyet ve güvenlik zorluklarını ele almak üzere tasarlanmıştır. Artan sosyal etkileşim, nüfus ve ulaşım ağlarıyla birlikte gelişmiş güvenlik çözümlerinin ihtiyacı da artmıştır. Mevcut güvenlik çözümleri, gelişmiş olmalarına rağmen, eksikliklere sahiptir. Kamu-özel sektör arası güvenilir koordinasyon eksikliği, düşük birlikte çalışabilirlik ve AB veri gizliliği yasalarına zayıf uyum gibi sorunlar nedeniyle, güvenlik operatörlerinin durumsal farkındalığı parçalanmış ve karmaşık, yüksek etkili ve bağlama bağlı tehditleri tespit etme kapasiteleri sınırlı kalmaktadır. Bu projede TAV Bilişim Hizmetleri, tek yapay zekâ sunucusuyla tüm havalimanı CCTV (Close Circuit Tele Vision) sistemi akıllılaştırılacak ve kullanıcı arayüzü geliştirilecektir.

Havaalanları, enerji santralleri ve yol ağları gibi kritik endüstriyel ve sivil altyapı paydaşları, düzenli olarak iyi organize edilmiş suç faaliyetlerinden, vandalizm gibi düşük seviyeli ancak maliyetli eylemlere kadar değişen insan yapımı fiziksel güvenlik tehditlerinin yol açtığı

aksaklıklardan sıkça etkilenmektedir. SINTRA, bu kritik altyapıların direncini ve korunmasını, birlikte çalışabilirliği, bilgi paylaşımını ve gizlilik korumasını sağlayan açık bir veri akışı AI platformu geliştirerek iyileştirmeyi hedeflemektedir. Bu platform, çok modlu algılama ve AI destekli veri analizi kullanarak, altyapının güvenlik ve güvenliğine ilişkin kapsamlı bir görünüm sağlayacak ve karmaşık anomalileri tespit edecektir.

Projenin Beklenen Çıktıları ve Faydaları

SINTRA projesi, durumsal farkındalığı artırmayı ve güvenlik ve güvenlik tehditlerinin tespiti ve yönetimini iyileştirmeyi amaçlamaktadır. İletişim ve AI veri işlemede birlikte çalışabilirlik ve güvenilirliği sağlayarak, proje farklı güvenlik paydaşları arasında daha iyi koordinasyonu kolaylaştıracaktır. Bu gelişmiş koordinasyon ve kritik bilgilerin görselleştirilmesi, güvenlik personelinin güvenlik tehditlerini verimli bir şekilde yönetmesine yardımcı olacaktır. Proje ayrıca, anomali tespiti üzerine literatüre katkıda bulunmayı ve daha doğru bağlam anlayışı ve sensörlerin ve veri akışlarının dinamik kullanımını sağlayacak yeni sensör füzyonu ve çok modlu çözümler geliştirmeyi beklemektedir. Projenin GDPR (General Data Protection Regulation) uyumuna ve AI'nın etik kullanımına odaklanması, gerçek dünya senaryolarındaki etkisini ve uygulanabilirliğini daha da artıracaktır.

CAPE:FİZİKSEL-DİJİTAL ORTAMLAR İÇİN BİLİŞSEL DESTEKLİ ASİSTAN

Proje Konusunu Belirleyen İhtiyaçlar

CAPE projesi, ekonomide önemli bir rol oynayan perakende sektöründeki dönüşüm ihtiyacını ele almaktadır. EuroCommerce ve McKinsey &Company tarafından yapılan bir rapora göre, Avrupa Birliği'nin perakende ve toptan satış sektörünün, 2030'a kadar 600 milyar Euro'ya kadar yatırım gerektiren sürdürülebilirlik, dijitalleşme ve beceri geliştirme gibi üçlü bir dönüşüm geçirmesi gerekmektedir. Proje, sektörü gerçekten çok kanallı bir endüstriye dönüştürmeyi, gelişmiş analitiklere odaklanarak büyümeyi, operasyonel verimliliği ve bilgi teknolojilerini modernize etmeyi hedeflemektedir. Müşterilerin çevrimiçi ve çevrimdışı alışveriş faaliyetlerine yönelik eğilimini tanıyan proje, kişiselleştirilmiş ve kesintisiz bir alışveriş deneyimi yaratmayı, bir kanaldan diğerine başlatılan alışverişlerin devamını sağlayacak stratejiler oluşturmayı amaçlamaktadır. TAV Bilişim Hizmetleri bu projede biyometrik çalışan takip uygulamaları geliştirecektir.

Perakende sektörü, ülke ekonomisinde önemli bir rol oynamaktadır ancak kusursuz bir alışveriş deneyimi sunabilmek için çevrimiçi ve çevrimdışı etkinlikleri birleştiren, kişisel tavsiyeleri içeren ve tek kanaldan başlatılan satın almaların devamını sağlayan bir dönüşüme ihtiyaç duymaktadır. CAPE, kişisel deneyimler geliştirmek, robotların/kioskların performansını iyileştirmek ve günümüz pazarında yaygın olarak bulunmayan alternatif fırsatlar ve teknolojiler sunmak için yapay zekâ, derin öğrenme, blockchain ve IoT (Internet of Things) gibi çeşitli teknolojileri kullanarak bu zorlukların üstesinden gelmeyi hedeflemektedir. Hedeflenen etki, artan müşteri ve çalışan memnuniyetini, artan satışları ve daha verimli mağaza operasyonlarını içermektedir.

Projenin Beklenen Çıktıları ve Faydaları

CAPE projesinin beklenen etkileri arasında, müşteri memnuniyetini, satın alma davranışlarını, çalışan verimliliğini ve müşteri sadakatini iyileştirmek bulunmaktadır. Projenin sonuçları, işletilen teknolojilerin etkinliği hakkında değerli içgörüler sağlayarak, müşteri ve çalışan deneyimlerini daha da geliştirebilecek yeni sistemlerin ve uygulamaların geliştirilmesinin önüne açacaktır. Telekomünikasyon, teknoloji, danışmanlık, perakende ve veri analitiği gibi çeşitli endüstrilerden oluşan 15 ortaklı konsorsiyum, geniş bir uzmanlık yelpazesi getirmektedir. Bu iş birliği ile, mevcut perakende sektörü zorluklarına yönelik yenilikçi çözümler üretilecek ve çeşitli iş alanlarında iyileştirmeler yapılacaktır.

ARGE PROJELERİNİN YEŞİL DÖNÜŞÜMDEKİ ROLÜ

Yeşil dönüşüm, küresel ekonomilerin sürdürülebilir bir şekilde büyümesi ve gelişmesi için gerekli olan stratejik bir yönelimdir. Bu dönüşüm, enerji tüketimini azaltmak, doğal kaynakların verimli kullanımını teşvik etmek ve çevresel etkileri en aza indirmek amacıyla tüm sektörlerde yenilikçi çözümler ve projeler geliştirilmesini gerektirir. Havalimanları, büyük altyapılar ve enerji yoğun faaliyetleri nedeniyle bu dönüşümde kilit bir rol oynar. TAV Havalimanları Holding, küresel bir havalimanı işletmecisi olarak, yeşil dönüşüm ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için önemli fırsatlara sahiptir.

TAV Havalimanları, sürdürülebilir ve sorumlu bir gelecek inşa etmek amacıyla "Airports for Trust" bildirgesine katılmış ve bu bildirme, Groupe ADP ağı içindeki 23 havalimanının yöneticileri tarafından imzalanmıştır. Bildirme, havacılık sektöründe çevresel koruma ve sürdürülebilirlik alanında lider olma hedefini vurgulamaktadır. TAV'ın temel taahhütleri arasında, 2030 yılına kadar karbon nötrlüğü sağlamak, çevresel etkileri en aza indirmek, döngüsel ekonomiyi teşvik etmek ve havacılık ekosistemine entegre projeler geliştirmek bulunmaktadır. Aynı zamanda yerel topluluklarla güvene dayalı ilişkiler kurarak, yerel gelişime katkı sunma, gençleri destekleme ve gürültü kirliliğini azaltma gibi hedefler de öne çıkmaktadır. Bu bildiri, havalimanı faaliyetlerinin sürdürülebilir bir şekilde gelişmesini ve tüm paydaşlarla ortak bir strateji etrafında toplanmayı amaçlamaktadır^{xi}.

TAV Havalimanları Holding, Türkiye'deki ve uluslararası arenadaki havalimanlarının yönetiminden sorumlu önemli bir küresel aktördür. Havalimanlarının karbon ayak izi, enerji tüketimi, su kullanımı ve atık yönetimi gibi faktörler, çevresel sürdürülebilirlik açısından dikkatle yönetilmesi gereken unsurlardır. Bu bağlamda, TAV Havalimanlarının yeşil dönüşüm sürecinde lider bir konuma gelmesi, sürdürülebilirlik açısından olumlu etkiler yaratabilecektir.

Kısa Vadeli Yeşil Dönüşüm ve Sürdürülebilirlik Projeleri

Bu projeler şöyle sıralanabilir^{xii, xiii, xiv}:

Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Kullanımı: Havalimanları, operasyonları sırasında büyük miktarda enerji tüketir. Bu nedenle, TAV, enerji verimliliği projeleri geliştirerek karbon emisyonlarını azaltabilir. Bu projeler, terminal binalarının enerji verimli sistemlerle donatılması, LED aydınlatmaların kullanımı ve bina otomasyon sistemlerinin entegrasyonu gibi yenilikçi çözümleri içerebilir. Ayrıca, güneş ve rüzgâr enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yatırım yapmak, havalimanlarının enerji tüketiminde önemli bir azalma sağlayacaktır.

TAV, işlettiği havalimanlarında enerji verimliliğini artırmak için çeşitli projeler yürütmüştür. Örneğin, İstanbul Atatürk Havalimanı ve İzmir Adnan Menderes Havalimanı'nda binaların enerji verimliliğini artırmak için LED aydınlatmalar kullanılmış ve enerji izleme sistemleri kurulmuştur. Bu projeler, karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik önemli adımlar olarak öne çıkmaktadır.

Sürdürülebilir Ulaşım Projeleri: Havalimanları, yolcuların, çalışanların ve tedarikçilerin ulaşımında büyük bir trafik yoğunluğuna neden olur. TAV, yolcu taşımacılığında karbon ayak izini azaltmak amacıyla elektrikli araçlar, bisiklet yolları ve toplu taşıma çözümleri gibi sürdürülebilir ulaşım projelerine yatırım yapabilir. Aynı zamanda, uçak yakıt tüketimini azaltmak için sürdürülebilir havacılık yakıtlarının kullanımını destekleyebilir ve karbon nötr uçuş programlarına katılım sağlayabilir.

Su ve Atık Yönetimi Projeleri: Su tüketimi, havalimanlarında büyük bir çevresel etkiye sahip bir konudur. TAV, su tüketimini azaltmak için geri dönüştürülmüş su kullanımına ve yağmur suyunun toplanmasına yönelik projeler geliştirebilir. Atık yönetimi ise, sürdürülebilir havalimanı yönetiminde kritik bir faktördür. TAV, atıkların geri dönüştürülmesi ve sıfır atık hedeflerine ulaşılması için atık yönetimi stratejileri oluşturabilir.

TAV, havalimanlarında sıfır atık hedefi doğrultusunda atık yönetimi stratejileri benimsemiştir. Özellikle İzmir Adnan Menderes Havalimanı, sıfır atık hedefini uygulamaya koyan havalimanlarından biridir. Ayrıca, TAV'ın işlettiği havalimanlarında atıkların ayrıştırılması ve geri dönüşümü için altyapılar geliştirilmiştir.

Karbon Nötrlüğü ve Emisyon Azaltımı Stratejileri: TAV Havalimanları, karbon nötrlüğüne ulaşmak için kapsamlı bir emisyon azaltma stratejisi geliştirebilir. Bu strateji, uçuş operasyonlarından kaynaklanan emisyonları dengelemek için karbon kredileri satın almak, enerji verimli sistemleri entegre etmek ve sürdürülebilir enerji çözümlerine yatırım yapmak gibi çeşitli bileşenleri içerebilir.

Ne yazık ki uçaklar, küresel CO₂ emisyonlarının %2-3'üne sebep olmakta ve bu da potansiyel bir çözüm olarak hidrojene ilgi duyulmasına neden olmaktadır. Hidrojen yakıt hücreleri, hidrojen ve oksijeni birleştirerek enerji üretir ve yan ürün olarak yalnızca su ortaya çıkarır. Bununla birlikte, zorluklar arasında altyapı, güvenlik ve verimlilik yer alır - hidrojen, jet yakıtının enerji çıktısını karşılamak için büyük hacimler gerektirir. Ek olarak, sürdürülebilir hidrojen üretimi genellikle yüksek CO₂ emisyonları ile ilişkilendirilir ve yeşil hidrojen daha pahalıdır. Bu engellere rağmen, Airbus ve Boeing gibi şirketler hidrojen teknolojisine yatırım yapmakta ve sürdürülebilir havacılığa olan bağlılıklarının sinyalini vermektedir ancak hidrojenin uygulanabilir bir havacılık yakıtı haline gelmesi için önemli yatırım ve inovasyona ihtiyaç bulunmaktadır^{xv}.

TAV, bazı havalimanlarında karbon ayak izini azaltmak için aktif olarak çalışmaktadır. Antalya Havalimanı'nda karbon salımını azaltmak adına enerji verimli sistemler ve yenilenebilir enerji kullanımı teşvik edilmiştir. Ayrıca, TAV'ın birçok havalimanı, ACI'nın (Airports Council International) Karbon Akreditasyon Programı'na (Airport Carbon Accreditation) katılmıştır.

Akıllı ve Yeşil Binalar: Akıllı bina teknolojileri, havalimanı binalarının enerji kullanımını optimize etmek, karbon ayak izini azaltmak ve konfor seviyelerini artırmak için kullanılabilir. TAV, akıllı bina otomasyon sistemleri, yeşil çatı uygulamaları ve enerji verimli malzemeler

kullanarak sürdürülebilir bina tasarımlarını benimseyebilir. Bu tür binalar hem çevresel etkiyi azaltır hem de operasyonel maliyetleri düşürür.

TAV, işlettiği bazı havalimanlarında çevre dostu bina uygulamaları için çalışmalarda bulunmaktadır. Örneğin, Medine Prens Muhammed Uluslararası Havalimanı, LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) sertifikasına sahip olan TAV projelerinden biridir. Bu proje, enerji verimliliği, su tüketimini azaltma ve sürdürülebilir bina malzemelerinin kullanımı gibi kriterleri karşılamaktadır.

Uzun Vadeli Yeşil Dönüşüm ve Sürdürülebilirlik Projeleri

Uzun vadede, havalimanları operasyonları ve sürdürülebilirlik hedeflerine yönelik çığır açıcı projeler hem çevresel hem de teknolojik açıdan yenilikçi çözümler gerektirir. TAV Havalimanları Holding gibi küresel bir havalimanı işletmecisi için bu projeler, sadece karbon emisyonlarını azaltmayı değil, aynı zamanda havalimanı ekosistemini dönüştürmeyi ve geleceğin yeşil teknolojilerini benimsemeyi hedeflemektedir. Uzun vadede geliştirilebilecek bazı çığır açıcı projeler de şöyle sıralanabilir^{xvi, xvii, xviii, xix, xx}:

Karbon Nötr Havalimanı (Net Zero Airport): Uzun vadede, TAV, tüm havalimanlarını karbon nötr hale getirebilir. Bu, yalnızca enerji verimliliği projelerinden değil, aynı zamanda uçakların emisyonlarını sıfırlamayı ve havalimanı çevresindeki tüm faaliyetlerin karbon ayak izini ortadan kaldırmayı içerir. Karbon yakalama ve depolama teknolojileri (CCS), biyoyakıt üretimi ve doğrudan hava yakalama gibi ileri teknolojiler bu projelerin temel bileşenleri olabilir. Ayrıca, karbon nötr olmanın ötesine geçerek karbon negatif havalimanları hedefi de ortaya konabilir. Bu, havalimanlarının operasyonları sırasında çevreye verdiği zararın tam tersine, çevresel iyileştirmeler yapmasını sağlayan bir yaklaşım olacaktır.

Yeşil Hidrojen ile Desteklenen Havalimanı Ekosistemi: Yeşil hidrojen, sürdürülebilirlik açısından büyük bir potansiyele sahip yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. TAV Havalimanları, havalimanı araçlarının, yer hizmetlerinin ve hatta uçak yakıtlarının yeşil hidrojen ile çalıştığı bir ekosistem yaratabilir. Yeşil hidrojen, elektroliz yöntemiyle yenilenebilir enerji kullanılarak üretildiği için karbon emisyonu yaratmaz. Bu kapsamda, TAV, yeşil hidrojen üretim ve depolama tesisleri kurarak enerji altyapısını dönüştürebilir ve havalimanlarını tamamen fosil yakıtlardan bağımsız hale getirebilir.

Elektrikli Uçaklar ve E-Vertiport'lar: Elektrikli uçaklar, özellikle kısa mesafeli uçuşlarda devrim yaratma potansiyeline sahiptir. TAV, elektrikli uçakların operasyonel olduğu bir gelecek için şimdiden hazırlık yapabilir. Bu bağlamda, e-vertiport adı verilen dikey kalkış ve iniş yapabilen elektrikli araçlar (eVTOL) için özel terminaller ve altyapı projeleri geliştirebilir. Elektrikli uçakların yaygınlaşması ile birlikte, havalimanlarının elektrik altyapısının güçlendirilmesi, hızlı şarj istasyonlarının kurulması ve operasyonel süreçlerin bu yeni teknolojiye uyum sağlaması gerekecektir.

Groupe ADP, Paris Bölgesi'ndeki Saint-Cyr-l'École'de faaliyette olan ilk vertiportu açmıştır. 7, 8 ve 11 Ağustos tarihlerinde düzenlenen üç günlük törenler, Avrupa'daki ilk vertiport ağının kurulmasını ve yeni hava hareketliliğindeki yenilikler için Pioneers 2025 yol haritasında önemli

bir adımı işaret etmektedir. Elektrikli dikey kalkış ve iniş uçağı (eVTOL) olan ve yarının düşük karbonlu havacılığını simgeleyen deneysel uçuşları gerçekleştirilmiştir^{xxi}.

Dijital İkiz Teknolojisi ile Sürdürülebilir Havalimanı Yönetimi: Dijital ikiz teknolojisi, fiziksel varlıkların dijital kopyalarının oluşturulması ile havalimanlarının gerçek zamanlı yönetim ve optimizasyonuna olanak sağlar. Uzun vadede, TAV Havalimanları, tüm operasyonel süreçlerini dijital ikiz teknolojisi ile entegre ederek enerji kullanımı, kaynak planlaması, yolcu hareketleri ve uçuş operasyonlarını daha verimli ve çevre dostu hale getirebilir. Dijital ikiz sistemleri, sensörler ve IoT cihazları ile havalimanındaki her işlemi simüle ederek anında müdahaleye olanak tanır ve havalimanı verimliliğini optimize eder. Bu aynı zamanda havalimanlarında enerji tasarrufunu maksimuma çıkarırken operasyonel maliyetleri de düşürür.

Yapay Zekâ ile Enerji Optimizasyonu ve Sıfır Emisyon Havalimanı: Yapay zekâ (AI), enerji optimizasyonunda ve havalimanı yönetiminde büyük bir potansiyele sahiptir. TAV, yapay zekâ tabanlı enerji yönetim sistemleri geliştirerek, gerçek zamanlı enerji kullanımı analizleri yapabilir ve enerji kaynaklarını en verimli şekilde kullanabilir. Bu sistemler, hava koşulları, uçuş planlaması ve yolcu hareketlerine göre enerji tüketimini optimize edebilir. Ayrıca, AI tabanlı çözümlerle tüm havalimanının sıfır emisyon hedefine ulaşması için gerekli adımlar daha hassas bir şekilde yönetilebilir.

Döngüsel Ekonomi ve Atıkların Tamamen Geri Dönüşümü: Uzun vadeli sürdürülebilirlik hedefleri kapsamında, TAV, döngüsel ekonomi prensiplerine dayalı bir havalimanı yönetim modeli geliştirebilir. Bu, atıkların sıfıra indirilmesi ve havalimanında kullanılan her materyalin tekrar kullanılması anlamına gelir. Geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımının artırılması, biyolojik atıkların enerjiye dönüştürülmesi ve tek kullanımlık plastiklerin tamamen ortadan kaldırılması gibi projeler, döngüsel ekonominin temel bileşenleridir. TAV, bu dönüşümü sağlayarak sıfır atık hedefini başarabilir ve küresel sürdürülebilirlik hareketine öncülük edebilir.

Havalimanı İçin Biyoçeşitlilik ve Doğal Habitat Koruma Programları: Uzun vadede, TAV, havalimanlarının çevresindeki doğal yaşam alanlarının korunmasını amaçlayan projeler geliştirebilir. Bu kapsamda, doğal habitatların korunması ve havalimanlarının yakın çevresinde biyoçeşitliliğin artırılması için çalışmalar yürütülebilir. Havalimanı arazileri, tarım ve ekolojik koruma alanlarına dönüştürülerek sürdürülebilir tarım ve biyoçeşitlilik projeleri başlatılabilir. Bu projeler hem çevresel sürdürülebilirliği artırır hem de topluma ve çevreye sağlanan faydayı artırır.

Otonom Araçlar ile Sürdürülebilir Yer Hizmetleri: Otonom araç teknolojisi, uzun vadede havalimanı yer hizmetlerinde devrim yaratabilir. TAV, otonom yer hizmetleri araçları geliştirerek yakıt tüketimini ve insan kaynaklı hataları azaltabilir. Bu araçlar, elektrikli ve tamamen otomatik olacak şekilde tasarlanarak havalimanında enerji verimliliği sağlarken aynı zamanda operasyonel süreçlerin hızını ve doğruluğunu artırabilir.

TAV Havalimanları Holding'in sürdürülebilirlik ve çevre dostu projelere olan yaklaşımı, havacılık sektöründeki global eğilimlerle uyumlu bir şekilde ilerlemektedir. TAV, halihazırda çevresel sürdürülebilirlik konusuna önem veren adımlar atarak belirli projeleri hayata geçirmiştir. Bu projeler, enerji verimliliği, karbon emisyonlarının azaltılması, atık yönetimi ve yeşil bina uygulamaları gibi kısa vadeli ve uygulanabilir çözümleri kapsamaktadır.

SONUÇ

TAV Havalimanları, sürdürülebilirlik konusunda kısa vadeli projelerden önemli kazanımlar elde etmiş durumdadır. Enerji verimliliği, atık yönetimi ve yeşil bina uygulamaları gibi projelerle çevre dostu havalimanı yönetimini benimsemiştir. Ancak uzun vadede, yeşil hidrojen, elektrikli uçaklar ve dijital ikiz teknolojileri gibi daha çığır açıcı projeleri devreye sokarak, sürdürülebilirlik alanında dünya çapında lider bir pozisyona ulaşabilir. Bu projeler, hem çevreye duyarlı hem de inovatif bir gelecek vizyonunu temsil etmektedir. TAV Havalimanları Holding, uzun vadede yeşil dönüşüm ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için birçok yenilikçi projeyi hayata geçirebilir. Bu projeler, yalnızca çevresel etkileri azaltmakla kalmaz, aynı zamanda gelecekte havalimanı yönetimi ve operasyonlarını kökten değiştirebilir. Yeşil hidrojen, elektrikli uçaklar, dijital ikiz teknolojisi ve yapay zekâ ile desteklenen çözümler, TAV'ın global havacılık endüstrisinde sürdürülebilir bir lider konumuna gelmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- ¹ Alıç, E. (2022a). İleri Seviye Proje Yönetimi Eğitimi, BTK Akademi.
- ² Nieto-Rodriguez, A. (2021). Harvard Business Review Proje Yönetimi Elkitabı, Harvard Business School Publishing Corporation, Optimist Kitap.
- ³ Mulcahy, R. (2018). Rita Mulcahy's™ PMP® Exam Preparation (9th Edition), RMC Publications, Inc.
- ⁴ Project Management Institute, Inc., (2017). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) (6th Edition), Pennsylvania, USA.
- ⁵ Shenhar, A.J. & Dvir, D. (2007). Project management research – The challenge and opportunity, Project Management Journal, 38(2), 93-99.
- ⁶ Conforto, E. C., Salum, F., Amaral, D. C., da Silva, S. L., & Magnanini de Almeida, L. F. (2014). Can agile project management be adopted by industries other than software development? Project Management Journal, 45(3), 21-34.
- ⁷ <https://agilemanifesto.org/> [Erişim tarihi: 24.09.2024]
- ⁸ Kidd, P. T. (2022). <https://www.cheshirehenbury.com/agility/two-definitions-of-agility.html> [Erişim tarihi: 24.09.2024]
- ⁹ <https://tubitak.gov.tr/tr/destekler/sanayi/uluslararasi-ortakli-destek-programlari/1509-tubitak-uluslararasi-sanayi-ar-ge-projeleri-destekleme-programi> [Erişim tarihi: 13.10.2024]
- ¹⁰ Çevik Uygulama Kılavuzu, (2017). PMI.
- ¹¹ <https://tavhavalimanlari.com.tr/surdurulebilirlik/surdurulebilirlik> [Erişim tarihi: 13.10.2024]
- ¹² ICAO (2020). Environmental Protection: Aviation and Climate Change.
- ¹³ ACI World (2021). Green Airport Recognition Program.
- ¹⁴ European Commission (2021). Sustainable and Smart Mobility Strategy.
- ¹⁵ TAV Tech News, Ekim 2024.
- ¹⁶ ICAO (2021). Aviation Environmental Roadmap: Towards a Sustainable Future.
- ¹⁷ International Air Transport Association (IATA). (2020). Hydrogen Powered Aviation and its Future.
- ¹⁸ European Commission (2022). Green Deal: Opportunities for the Aviation Sector.
- ¹⁹ Deloitte Insights (2021). Digital Twin: Real-Time Operational Intelligence.
- ²⁰ ACI World (2023). Future of Airport Sustainability: Embracing Innovation.
- ²¹ <https://connexions.groupe-adp.com/stories> [Erişim tarihi: 13.10.2024]

YEŞİL DÖNÜŞÜM İÇİN SANAYİ ÜNİVERSİTE İŞBİRLİKLERİ

Yeşil Dönüşüm Sürecinde Üniversite Sanayi İş Birliği: Teknoloji Geliştirme Yolunda Ortak Adımlar

Cansu Musaoğlu, Evrim Özgül, Arçelik A.Ş.

cansu.musaoglu@beko.com , evrim.ozgul@beko.com

ÖZET

Enerji üretiminden gıda tüketimine, ulaşımdan imalata kadar geniş bir sektör yelpazesini kapsayan yeşil dönüşüm, Avrupa ekonomisi için daha sürdürülebilir bir geleceğe yönelik önemli bir adımdır. Birleşmiş Milletler Brundtland Komisyonu, sürdürülebilirliği “gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneklerinden ödün vermeden, günümüzün ihtiyaçlarını karşılamak” olarak tanımlamıştır. Bu kapsamda stratejik adımlar atan Avrupa Komisyonu; rekabet gücünü artırmayı, 2050 yılına kadar iklim nötrlüğüne ulaşmayı ve dijital geleceği şekillendirmeyi amaçlamıştır. Geline nokta, öncül uygulamaların yaygınlaştırmasını zorunlu kılmaktadır.

İş birliği gereksinimleri teknoloji yol haritaları ve ihtiyaçları doğrultusunda hazırlanan Arçelik’te, hedef odaklı yaklaşımlar “Ortak Teknoloji Geliştirme”, “Bilimsel Araştırma Altyapıları” ve “Yeteneğe Erişim” stratejileri doğrultusunda yürütülmektedir. Bu bildiri, 45 üretim tesisi ve 55.000 çalışanıyla Dünya çapında 31 Ar-Ge ve tasarım merkezindeki 2.300’den fazla araştırmacı, tüm operasyonel segmentlerde 3.100’den fazla tescilli patent ve 3.400’den fazla patent başvurusu ile faaliyetlerini sürdüren dayanıklı tüketim ve beyaz eşya sektöründe öncü Arçelik’in yeşil dönüşüm sürecinde üniversite sanayi iş birliği alandaki örnek uygulamaları, tecrübe aktarımı ve iyileşme önerilerinin paylaşımı amacı ile hazırlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Üniversite – Sanayi İşbirliği, İyi Uygulamalar, İş Birliği Stratejileri, FSMH Yaklaşımları, Ar-Ge Projeleri

GİRİŞ

Enerji üretiminden gıda tüketimine, ulaşımdan imalata ve inşaata kadar geniş bir sektör yelpazesini kapsayan yeşil dönüşüm, Avrupa ekonomisi için daha sürdürülebilir bir geleceğe yönelik önemli bir adımdır. 1987 yılında Birleşmiş Milletler Brundtland Komisyonu, sürdürülebilirliği “gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneklerinden ödün vermeden, günümüzün ihtiyaçlarını karşılamak¹” olarak tanımlamıştır. Sürdürülebilir dönüşüm; ülkeler için yalnızca iklim değişikliğiyle mücadele için değil rekabetçiliği ve stratejik özerkliği korumak için de önemli hale gelmiştir. Bu kapsamda stratejik adımlar atan Avrupa Komisyonu; Sanayi Stratejisi’nde Avrupa’nın küresel rekabet gücünü artırmayı, 2050 yılına kadar iklim nötrlüğüne ulaşmayı ve dijital geleceği şekillendirmeyi amaçlamıştır. Geline nokta bilgi birikiminin katlanarak çoğalması ve uygulamaların birlikte çalışma prensipleri ile yaygınlaştırmasını zorunlu kılmakta, üniversite-sanayi iş birliği, özellikle sanayi sektörünün %90’ndan² fazlasını oluşturan ve dönüşüm sürecinin kilit oyuncularını olan küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ’ler) için teknolojik gelişme ve yeniliği yönlendirmede hayati bir rol oynamaktadır. Bu makale; 45 üretim tesisi ve 55.000 çalışanıyla 57 ülkede toplam 121 iştirakten oluşan, Dünya çapında 31 Ar-Ge ve tasarım merkezindeki 2.300’den fazla araştırmacı, tüm operasyonel segmentlerde 3.100’den fazla tescilli patent ve 3.400’den fazla patent başvurusu ile faaliyetlerini sürdüren dayanıklı tüketim ve beyaz eşya sektöründe öncü Arçelik’in yeşil

dönüşüm sürecinde üniversite-sanayi işbirliği alandaki örnek uygulamaları, tecrübe aktarımı ve iyileşme önerilerinin paylaşımı amacı ile hazırlanmıştır.

Yeşil Dönüşümün Önemi ve Gerekçesi

Yeşil dönüşüm, çevresel sürdürülebilirliği ve ekolojik dengeyi korumayı hedefleyen ve ilk defa 1980'lerin sonunda çevresel sorunlarla mücadele kapsamında kullanılan³ bir kavramdır. Bu dönüşüm, fosil yakıtlardan yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişi, atık yönetimini iyileştirmeyi, enerji verimliliğini artırmayı ve çevreye duyarlı üretim süreçlerini teşvik etmeyi içerir. Yeşil dönüşümün önemi, iklim değişikliği, doğal kaynakların tükenmesi, çevre kirliliği gibi küresel sorunlara çözüm oluşturmaya açıklanabilir. Fosil yakıtların tükenmesi ve iklim değişikliği gündemleri ile yeşil dönüşümün gerekçeleri arasında gezegenimizin sınırlı doğal kaynaklarını korumak ve gelecek nesillere yaşanabilir bir çevre bırakmaktır ön plana çıkmaktadır. Yeşil dönüşümün temel amacı, çevresel sürdürülebilirliği sağlayarak doğal kaynakları korumak ve ekolojik dengeyi desteklemektir. Bu dönüşüm, sadece çevreye zarar veren uygulamaları azaltmakla kalmaz, aynı zamanda yeşil ekonomiyi teşvik ederek iş fırsatları yaratır ve ekonomik büyümeyi destekler. Yeşil dönüşümün ekonomik boyutu, sadece çevre dostu teknolojilere yatırım yapmayı değil, aynı zamanda enerji verimliliğini artırarak maliyetleri düşürmeyi ve rekabet gücünü artırmayı içerir. Teknolojik gelişmelerin yeşil dönüşüme hitap etmesi oldukça önemlidir. Dayanıklı tüketim malları ve beyaz eşya endüstrisi; küresel ölçekte çevresel, sosyal ve düzenleyici eğilimlerin birleşiminden derinden etkilenmektedir⁴. Döngüsel ve net sıfır emisyon ekonomisine geçiş, kaynak açısından verimli ve çevre dostu cihazların geliştirilmesini desteklemiştir⁵. Benzer şekilde sosyal trendler enerji tasarruflu ve çevre dostu cihazlara yönelik tüketici talebini artırmış ve sektör genelinde sürdürülebilir teknolojilerdeki yeniliklerini hızlandırmıştır. Ayrıca, sürdürülebilirlik odaklı standartların ve düzenlemelerin dünya çapında hızla yaygınlaşması sektörü şekillendirmektedir. Sektöründe küresel bir oyuncu olan Arçelik, genel trendlerin farkında olarak ve faaliyetlerinin coğrafi kapsamı doğrultusunda operasyonlarını bu değişen standartlara uygun hale getirmek için kapsayıcı önlemler almaktadır. Avrupa'nın 2050 sıfır emisyon iklim nötr hedefleri ile uyumlu hareket edeceğini taahhüt eden Arçelik, Scope 1,2 ve 3 (sırasıyla direkt emisyonlar, dolaylı emisyonlar ve diğer dolaylı emisyonlar) kategorilerinin üçünde de 2030 yılına dramatik ölçekte azalma hedefleyen uygulamalarını devreye almıştır.

Teknoloji Yol Haritaları

Teknoloji yol haritası, bir şirketin veya bir endüstrinin gelecekteki teknolojik gelişimini planlamak için kullanılan bir strateji belgesidir. Bu belge, belirli bir zaman diliminde (genellikle 3 ila 5 yıl) hedeflenen teknolojik hedefleri, araştırma ve geliştirme faaliyetlerini, inovasyon projelerini ve bu projelerin zaman çizelgesini içerir. Teknoloji yol haritası oluşturma, şirketlerin gelecekteki tehditlere veya fırsatlara zamanında yanıt vererek rekabetçi bir avantaj sağlamalarına destek olan önemli bir bütünleştirici çerçeve ve yöntemdir⁶. Son yıllarda teknolojik gelişimin hızı ve karmaşıklığı arttıkça, şirketlerin ellerinde mevcut olan teknolojik kaynakları ve rekabet avantajlarını korumak veya piyasa dinamiklerinde meydana gelen büyük değişikliklere ya da resmi kurumlar tarafından getirilen gerekliliklere yanıt verebilmek için ihtiyaç duyacakları kaynakları belirleyebilmeleri giderek daha önemli hale gelmektedir. Teknoloji yol haritası oluşturma, bu bağlantıyı keşfetmek için bir araç sunar ve bir şirketin tüm

ilgili ekiplerini aynı noktada buluşturan bir teknoloji ve ürün geliştirme planını netleştirmeye yardımcı olur⁷. Bu belgeler, şirket içi paydaşlar arasında bir vizyon oluşturmak, kaynakları tahsis etmek, hedeflere ulaşmak için eylem planları geliştirmek ve dış paydaşlarla (örneğin, yatırımcılar, müşteriler, tedarikçiler) iletişim kurmak için kullanılır. Teknoloji yol haritaları, şirketlerin rekabet avantajını sürdürmek ve sürdürülebilir büyüme sağlamak için kritik bir araç olarak kabul edilir ve stratejik yönetim ve inovasyon yönetimi alanlarında önemli bir araştırma konusudur. Teknoloji yol haritalarının hazırlanması süreci temel olarak 3 aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama olan “Hazırlık” fazında amaç ve kapsamın belirlenmesi, öz değerlendirme, trendlerin, müşteri beklentilerinin ve fırsatların analizi, literatür ve patent araştırması çalışmaları yer alır. “Yol Haritasının Oluşturulması” olarak adlandırılan ikinci fazda: fikir geliştirme seansları, trend analizleri, teknoloji gelişim eğrisi trendleri, teknoloji alternatiflerinin değerlendirilmesi, kaynak-zaman ve iş birliği planlarının oluşturulması ve fikirlerin değerlendirilmesi yer almaktadır. Teknoloji yol haritalarının son adımı olan “Dokümantasyon” iç müşteriler ile bilgi eşitliğinin sağlanması ve oluşturulan bilginin kurum araştırma deneyimine katkı olarak belgelendirilmesi adına önem arz etmektedir. Teknoloji yol haritalarının belirlenmesi süreci paralelinde ürün özelliklerinin yol haritaları ve projenin hayata geçiş planına yönelik süreçleri de kapsamaktadır. 1. Aşama ile elde edilen bilgiler ve 2. Aşamadan elde edilen bulgular ile eğer odaklanılan teknoloji alanının teknoloji hazırlık seviyesi 4 ve üzeri ise kısa vadeli ürün odaklı projeler ve prototip geliştirme çalışmalarına, eğer THS 2 – 4 aralığında ise teknolojinin kendisindeki gelişim ihtiyaçlarını gözeterek araştırma yoğun orta ve uzun vadeli çalışmalara yönlendirilmektedir.

Arçelik içerisindeki işbirliği gereksinimleri, araştırma ve geliştirme ekiplerinin titizlikle yürüttüğü teknoloji yol haritaları süreçleri ile şekillenmektedir. Bu iş birlikleri, bilimsel araştırmanın uygulamaya dönüşmesini hızlandırırken, endüstriyel ihtiyaçların akademik çevreye aktarılmasını sağlayarak inovasyonu desteklemeye odaklanmaktadır. Üniversite-sanayi iş birlikleri, bilimsel araştırma ve inovasyonun ticarileştirilmesini teşvik etmekte ve bu süreçte gelişen teknolojilerin sanayiye hızlı bir şekilde uyarlanmasını sağlamaktadır. Bu iş birlikleri aynı zamanda eğitim kalitesinin artırılması ve endüstri ihtiyaçları ile uyumlu becerilerin kazandırılmasına da katkıda bulunmaktadır^{8,9}. Üniversite-sanayi iş birlikleri, akademik bilimsel araştırmaların endüstriye transferini, teknoloji gelişme ve inovasyon ile ticari başarı elde edilmesini hızlandırır. Bunun yanı sıra, üniversite-sanayi iş birlikleri eğitim kalitesinin artırılmasına da katkıda bulunarak öğrencilerin endüstri ihtiyaçlarına uygun becerilerle iş dünyasına daha donanımlı bireyler yetiştirilmesini desteklemektedir. Üniversite-sanayi iş birlikleri hem bilimsel ve teknolojik gelişmeyi hem de ekonomik büyümeyi ve rekabet gücünü artırmaktadır.

İşbirliklerinin Çok Yönlü Doğasında Hedef Odaklılık

2020 yılında bu makalenin yazarları tarafından kurum içi dokümantasyon ile yayınlanan Üniversite-Sanayi İşbirliği Süreçleri Kılavuzu ile bu işbirlikleri, tarafların ihtiyaçlarına ve hedeflerine uygun şekilde üç temel strateji etrafında şekillenmekte ve tarafların ihtiyaçlarına ve hedeflerine uygun şekilde karşılıklı kazanımlar elde etmelerini sağlamaktadır.

“Ortak Teknoloji Geliştirme” taraflar arasında danışmanlık, ürün ve teknoloji geliştirme gibi konularda ihtiyaç duyulan proje ortaklıkları çift yönlü olarak gerçekleştirilmektedir. Bu sayede, akademisyenlerin kariyerlerini güçlendirmeleri ve yetkinliklerini geliştirmeleri sağlanmaktadır.

“Ortak Teknoloji Geliştirme” çalışmaları kapsamında iş birlikleri, teknoloji hazırlık seviyesine göre farklı yaklaşımlarla ilerlemektedir. THS 1-3 aralığında Arçelik’in yürütücülüğünü yaptığı 1515 Öncül Araştırma Laboratuvarları Destekleme Programı dahilindeki projede malzeme, hijyen ve filtrasyon teknolojileri odağında iş birliği çalışmaları yürütülmektedir. THS 3-6 aralığında, başta sürdürülebilirlik, enerji verimliliği, IoT, sensör teknolojileri, yapay zeka olmak üzere, Ufuk 2020 programındaki 25 projesi ile Türkiye’de en fazla projeye sahip özel sektör kuruluşu olan Arçelik, Ufuk Avrupa programında kabul alan 27 projesi ile özel sektördeki liderliğini sürdürmektedir. THS 4-7 aralığında, TÜBİTAK 1004 Mükemmeliyet merkezi destekleme programı dahilindeki NANOSİS projesinde alt proje yürütücü kuruluş (APYK) rolü ile çalışmalar sürdürülmektedir. 2024 yılı çağrı döneminde yeni iş birlikleri kurgulanmış ve başvurular hayata geçirilmiştir. TRL 6-9 seviyesinde ise TÜBİTAK Sanayide Yenilikçi Ağ Mekanizmaları (SAYEM) Programı kapsamındaki “Akıllı Ev Platformu” proje koordinatörlüğü ile akıllı yaşam teknolojileri konusunda birlikte çalışabilirlik ekosistemini oluşturulmuş ve bu ekosistem üzerinden küresel pazarda rekabet gücü yüksek müşteri çözümleri sağlanması amaçlanmıştır. Destek programlarına ek olarak özkaynak fonları ile THS 1-9 aralığında farklı disiplinlerde sözleşmeli iş birliği çalışmaları yürütülmektedir.

“Bilimsel Araştırma Altyapıları” ortak araştırma altyapılarının oluşturulması, stratejik ortaklık ve yol haritalarının belirlenmesi, akademisyenlerin ve sanayi kuruluşlarının yetkinliklerini geliştirecek altyapı erişimlerinin sağlanması bu strateji kapsamında değerlendirilmektedir. “Bilimsel Araştırma Altyapıları” çalışmaları kapsamına Koç Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yıldız Teknik Üniversitesi ve İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi başta olmak üzere pek çok üniversitede kurulan Arçelik destekli laboratuvarlar ile öğrencilerin gerçek sanayi problemleri üzerine çalışmalar yürütmesine olanak sağlanması hedeflenmektedir. Bilimsel araştırma altyapı çalışmaları uluslararası alanda da devam etmekte olup Pakistan’ın en prestijli üniversitesi National University of Sciences and Technology (NUST)’ta Dawlance NUST Ar-Ge ofisi hayata geçirilmiştir.

“Yeteneğe Erişim” üniversitelerin sahip olduğu nitelikli insan kaynağına erişim, lisans, yüksek lisans ve doktora seviyesindeki araştırmacılardan faydalanma, akademisyenlerin Ar-Ge merkezlerinde görevlendirilmesi, araştırma geliştirme temelli eğitim ihtiyaçlarının karşılanması ve sanayi ile etkileşimi artıracak etkinlik ve projeler bu strateji kapsamındadır. “Yeteneğe Erişim” çalışmaları kapsamına 1997 yılından bu yana yürütülen, ülkemizde öncü olan Endüstri Destekli Tez Programı ile Arçelik araştırmacılarının yüksek lisans ve doktora programlarına katılımını teşvik edilmektedir. Koç Üniversitesi ile hayata geçirilen Tech Pro Akademi programı kapsamında üretim ve teknoloji grubu çalışan mühendis, uzman ve kıdemli uzman araştırmacıların yetkinlik setini geliştirecek teknik eğitimler oluşturulmuştur. 2023 yılında başlatılan GrowPath programı dahilinde aralarında Koç Üniversitesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi, Sabancı Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi ve Dokuz Eylül Üniversitesi’nin de bulunduğu toplam 7 üniversitenin temel bilimler ve mühendislik bölümlerinden 205 öğrenci ile lisans bitirme tezleri hayata geçirilmiştir. Dijital yetkinlikler alanında yetişen en iyi genç yeteneklere ulaşabilmek için Fırat Üniversitesi, Kocaeli Üniversitesi ve Eskişehir Osmangazi Üniversitesi gibi üniversitelerimiz ile PREP programını hayata geçirilmiştir. Lisans bitirme tezlerindeki iş birliği sistematığının yaygınlaştırılması, öğrencilere daha fazla iş ve staj olanağı sunarken, firmalara da sorun çözme ve yetenek erişiminde avantajı sağlamaktadır. Sanayinin ihtiyaç duyacağı ihtisas alanlarında

doktoralı araştırmacı yetiştirilmesine odaklanan TÜBİTAK 2244 Sanayi Doktora Programı dahilinde devam eden 10 farklı projesi ile 25 araştırmacı, doktora çalışmalarını Arçelik'in stratejik yol haritaları çerçevesinde ilerletmektedir.

Bu üç strateji, üniversite-sanayi işbirliklerinin çok yönlü doğasını ve tarafların farklı ihtiyaçlarını karşılayabilme potansiyelini ortaya koymaktadır. Böylece, işbirliklerinin daha kapsamlı ve etkili bir şekilde yürütülmesine olanak sağlanmaktadır. Üniversite-sanayi işbirlikleri, üniversitelerin bilgi birikimi ve teknolojisini sanayi ile paylaşarak karşılıklı kazanımlar elde etmeyi amaçlayan önemli ortaklıklardır.

Ortaklı çalışmalar ve inovasyonda işbirliğini destekleme konusu ile ilgili güncel literatür Şahin¹⁰'in, "Teknoloji ediniminde kullanılan yöntemler: Türkiye, ABD, Almanya ve Çin karşılaştırması" isimli tez çalışmasında kurum dışı teknoloji edinim yöntemleri olarak ortak girişimler ile stratejik ittifaklar, üniversite-sanayi iş birlikleri, konsorsiyumlar, birleşmeler ve şirket edinimi ve teknoloji lisanslamalarının söz konusu olabileceğini, ABD, Çin ve Almanya'nın teknoloji edinim yöntemlerinin birçoğunu yoğun miktarda uygulayarak en çok teknoloji ihraç eden üç ülke olduğu, Türkiye'nin ise gelişmelerin gerisinde yer aldığı vurgulamıştır. Bertello¹¹ ise, geleneksel KOBİ'lerin açık inovasyona yönelik zorluklarının, üniversite-sanayi-kamu işbirliğindeki ön rekabetçi projeler üzerinden analiz edildiği belirtilmiş, firmaların sektördeki rakipleriyle rekabet ortamını oluşturmaları açısından ürün ve üretim süreçlerini sistemli bir şekilde teknolojik gelişmelere uygun şekilde geliştirmeleri ve yenilemeleri gerektiğinin altını çizmiştir. Yücel¹², "İşletmelerin yenilik performansının arttırılmasında üniversite - sanayi işbirliğinin rolü: Ar-Ge veya tasarım merkezlerine sahip işletmeler üzerine bir uygulama" isimli doktora tezi kapsamında araştırmaya katılan işletmelerin önemli bir çoğunun yeni ürün ve fikir beklentisi amaçları ile işbirliğini tercih etmediğini, işbirliklerinin işletmelerin yenilik performansında yeni ürün sayısı, Ar-Ge proje sayısı ve yeni fikir sayısı gibi başlıklar üzerinde öncelikli etkiler yarattığını, ancak patent sayısında dikkate değer bir değişim yaşanmasına sebebiyet vermediğini belirtmiştir.

İşbirliklerinde Fikri Sınai Mülki Haklar (FSMH) Stratejisi

Sınai Mülkiyet Kanunu (SMK) ve YÖK tarafından yayınlanan Üniversite Buluşları Kılavuzu¹³, öğretim elemanları, stajyerlerin ve öğrencilerin diğer kamu kurumları ve özel kuruluşlarla belirli bir sözleşme kapsamında yapmış oldukları çalışmalar sonucunda ortaya çıkan buluşlar üzerindeki hak sahipliği, diğer kanunlardaki hükümler saklı kalmak kaydıyla sözleşme ile belirlenebileceğine vurgu yapmaktadır. Yönetmelik ile buluştan elde edilen gelirden buluş yapana pay verileceği düzenlenmiş, ancak ödeme yöntemine ilişkin bir düzenleme yapılmamıştır. Ancak, Yönetmelik ile buluşu yapana verilecek olan gelirin miktarı ve ödeme şeklinin yükseköğretim kurumu ile buluş sahibi arasında imzalanacak sözleşme ile belirleneceği, aksi sözleşmede kararlaştırılmamış ise gelirin, her mali yılın sonunda hesaplanarak buluş sahibinin payına düşen miktarın ödeneceği düzenlenmiştir. Alternatif olarak sözleşme ile ödemenin ticarileştirme sonucunda, buluşun lisanslanacağı veya devredileceği firmanın, buluş sahibine ödeme yapacağının düzenlenmesi söz konusu olabilmektedir. 2016 yılında yayınlanan 6769 sayılı SMK, fikri haklar stratejilerinin planlanması adına işbirliği sözleşmelerinin önemini ortaya koymuştur.

Bu kapsamda Arçelik içerisinde, "Ortak Teknoloji Geliştirme", "Bilimsel Araştırma Altyapıları" ve "Yeteneğe Erişim" stratejileri çerçevesi ile uyumlu olarak 5 farklı FSMH yaklaşımı

oluşturulmuştur. Her yaklaşım, kurulan farklı işbirliği mekanizmalarında Arçelik ve üniversitenin alacağı görev ve sorumlulukların içeriğindeki farklılıklara hizmet edecek şekilde hukuk ve fikri haklar birimleri ile ortak yürütülen çalışmalar neticesinde oluşturulmuştur.

Tip 1: Katkı sunanların yalnızca buluşçu olarak belirtilerek süreç içerisinde tüm hakların Arçelik’te kalacağı uygulamaları,

Tip 2: Başvuruda ortak hak sahipliğine gidildiği süreç içerisinde tüm hakların Arçelik’e bedelsiz devredildiği,

Tip 3: Başvuruda ortak hak sahipliğine gidildiği, süreç içerisinde yalnızca Arçelik’in faaliyet alanı olan sektörlerdeki uygulamalara hitap edecek hakların Arçelik’e bedelsiz devredildiği, diğer sektörel uygulamalarda üniversitenin ticarileştirme faaliyetlerini yürütebildiği,

Tip 4: Başvuruda ortak hak sahipliğine gidildiği, süreç içerisinde yalnızca Arçelik’in faaliyet alanı olan sektörlerdeki uygulamalara hitap edecek hakların Arçelik’e bir bedel karşılığında devredilebildiği bununla birlikte üniversitenin de diğer sektörlerden elde edeceği lisans gelirini Arçelik ile paylaşabildiği,

Tip 5: Çok paydaşlı iş birliklerinde FSMH komisyonu kararları doğrultusunda izlenecek yöntemleri ifade etmektedir.

Patentli Teknolojiler ve İşbirliğinde Örnek Çalışmalar

1955 yılında Sütlüce’de kurulan, Türk beyaz eşya sektöründe ilk adımları atan Arçelik, 1959’da ilk çamaşır makinesini, 1960’ta ilk buzdolabını üretmiştir. 1968 yılında Çayırova tesislerine taşınmış, 1970’li ve 80’li yıllarda ürün gamı genişletilerek 1975’te Eskişehir Buzdolabı İşletmesi, 1993 yılında ise Ankara Bulaşık Makinesi İşletmesi faaliyete geçirilmiştir. Arçelik’in bu kronolojisi ise paralel olacak şekilde çamaşır makinasının 1910, buzdolabının 1877, bulaşık makinasının ise 1850 yılında patentlenmiş teknolojiler olduğunu belirtmek uygun olacaktır. Kurulduğu günden bugüne teknolojiyi inovasyon ile bir araya getirerek müşterilerine sunan Arçelik’in aktif patent portföyünde 3100’ün üzerinde tescilli patent bununla birlikte 1000’e yakını ulusal olmak üzere toplamda 3400’e ulaşan patent başvuruları bulunmaktadır. Avrupa Birliği’nin 11 Aralık 2019 tarihinde açıkladığı Avrupa Yeşil Mutabakatı (AYM) ile 2050 yılında iklim-nötr ilk kıta olma hedefini ortaya koyduğu dönemden bu yana Arçelik, 2020 – 2022 dönemi arasında Türkiye’den WIPO’ya başvuru yapan “PCT top applicants”¹⁴ listesinin birinci sırasında yer almaktadır.

Son yıllar içerisinde gerek tesciller gerek başvurular adına aktif portföy içerisinde Arçelik’in bir üniversite veya araştırma enstitüsü ile ortaklı yönettiği süreçlerin içerisinde örnek teşkil edecek iki adet çalışma ve bunların işbirliği stratejileri içerisindeki konumu aşağıda sunulmuştur.

A2023/019522 başvuru numaralı, “Bir Temizlik Maddesinin Sıvı Bir Çözücü İçinde Çözülmesine Yönelik Bir Sistem ve Bir Yöntem” isimli patent başvurusu Sabancı Üniversitesi Nanoteknoloji Uygulama Merkezi ile ortaklı başvurulmuştur. Bu çalışma, kimya ve sürdürülebilir malzeme yönetimi ile bağlantılı olup çamaşır makinası içerisinde deterjan etkinliğini maksimize edebilen, bu sayede daha az deterjan kullanımını mümkün kılacak yenilikçi bir yöntemine odaklanmaktadır. 2021 yılı içerisinde teknoloji yol haritalarına dahil olan bu konu kapsamında özkaynaklar ile fonlanan bir fizibilite çalışması başlatılmıştır. Bu

çalışma kapsamında söz konusu patent başvurusuna ek olarak ACS Omega’da¹⁵ yayınlanmıştır. Kimyasal, enerji ve su tasarruflu çamaşır makineleri, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak ve gelecek nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakmak için hayati bir rol oynamaktadır. Arçelik’in sürdürülebilirlik çalışmalarına hizmet eden bu yaklaşım odağında paydaşlar, ortaklı olarak 5230100 numaralı TÜBİTAK 1505 Üniversite Sanayi İş Birliği Projesini hayata geçirmiştir. Laboratuvar ortamında hem sıvı hem de toz deterjanların çözünmesini önemli ölçüde iyileşme, deterjan çözeltisinin konsantrasyonunda artış avantajı sağladığı tespit edilen hidrodinamik kaviteasyon teknolojisinde 1505 projesi ile prototip fazında enerji sınıfında bir sınıf enerji iyileşmesi hedeflenen bir çıktıya odaklanılmıştır. Bu sayede, çamaşır makineleri daha az kimyasal, enerji ve su tüketen, daha çevre dostu ve sürdürülebilir hale gelecektir. Söz konusu araştırma çıktıları, teknoloji yol haritaları ile ekiplerin gelecekte potansiyel fırsatlar olarak gördüğü araştırma konularında işbirliği stratejileri ve fikri hak paylaşım yaklaşımlarına uygun olarak planlanmıştır. İlgili çalışma, Arçelik’in Ortak Teknoloji Geliştirme stratejileri kapsamında Tip 4 FSMH stratejisinde ilerlemiştir.

EP22204781.3 başvuru numaralı “A Compressor Comprising a Vibration Damping Member” isimli patent başvurusu Koç Üniversitesi ile ortak olacak şekilde başvurulmuş ve tescillenmiştir. Bu çalışma, 118C141 numaralı “Ultra Enerji Verimli Değişken Kapasiteli Kompresör Geliştirilmesi için Araştırmacı Yetiştirilmesi” isimli TÜBİTAK 2244 Programı kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya ilişkin bulgular, Applied Acoustics’te¹⁶ yayınlanmıştır. Araştırma projesi buzdolabı kompresörlerinin duruş ve kalkış anlarında kısa süreli yarattığı yüksek titreşimlerin yarattığı hem ses hem de sabit rpm’e ulaşma süresindeki gecikmeden kaynaklı enerji verimliliği problemlerini çözümlemeye odaklanmaktadır. Söz konusu patentli teknoloji duruş ve kalkış anlarındaki deplasmanları azaltarak, kompresörün sabit rpm’e daha hızlı varmasına imkan sunan bir teknolojiye odaklanmaktadır. Yapılan ölçümlerde duruş kalkış pik anları özelinde deplasmanlar %51 oranında azaltılmış, ses gücü düzeyi 41 dba’dan 21’e düşürülmüştür. İlgili komponentin buzdolabı ürün grubu özelinde yaratacağı enerji verimliliği artışı gelecek çalışmalar ile detaylandırılacaktır. Bu işbirliği ile doktoralı araştırmacı yetiştirilmesinden, Arçelik’in sürdürülebilirlik hedeflerine uzanan geniş bir yelpazede üniversite ve sanayi işbirliğinin kapsamlı bir örneği oluşturulmuştur. İlgili çalışma, Arçelik’in Yeteneğe Erişim ve Ortak Teknoloji Geliştirme stratejileri kapsamında Tip 4 FSMH stratejisinde ilerlemiştir.

Sonuç, Değerlendirme ve Gelecek İçin Öneriler

Türkiye’deki Ar-Ge ekosistemi, son yıllarda önemli gelişmeler kaydetmiş ve teşvik edici uygulamalarla desteklenmiştir. Sanayinin ihtiyaç duyacağı bilgiye üniversiteler vasıtası ile erişebilmek yönündeki yeteneklerini artırdığı, üniversitelerin ise geliştirilen nitelikli bilginin ulusal kalkınma hedefleri ve toplum yararına çıktılara dönüşmesi için kazandığı vizyon özellikle kamu ve özel sektör işbirliği, Ar-Ge yatırımlarının artması ve yenilikçi projelerin hayata geçirilmesine olanak tanımaktadır. TÜBİTAK, KOSGEB gibi kuruluşlar tarafından sağlanan mali destekler, üniversitelerle yapılan ortak projeler ve teknoloji transfer ofislerinin etkin çalışmaları, bu ekosistemin güçlü yanlarını oluşturmaktadır. Gerek bilim insanları politikaları gerekse 1004 Mükemmeliyet Merkezleri veya SAYEM mekanizmaları gibi konsorsiyum bazlı birlikte başarıma prensibine dayanan çalışmalar ile kolektif yaklaşım genişlemiştir. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı’nın önderliğinde Rekabet Öncesi İşbirliği Projeleri, ülkemizin stratejik alanlarında etkin bir sinerji oluşturmuştur. Ulusal alandaki bu

ilerlemenin bir sonucu olarak Küresel İnovasyon Endeksi 2023 verilerinde, Türkiye¹⁷, 132 ülke arasında yaratıcı çıktılar alanında 27, inovasyon çıktıları adına 32. Sırada yer almıştır. Aynı rapor; enstitüler ve araştırma altyapıları ile sanayi entegrasyonu konu başlıklarının halen gelişime açık alanlar olduğunu göstermektedir.

Arçelik, ulusal ve uluslararası pek çok projenin içerisinde aktif bir paydaş, müşteri kuruluş veya konsorsiyum lideri pozisyonlarında çalışmalar yürütmektedir. İşbirliğinde oluşturulan kültürün dokümantasyonu ve içselleştirilmesi için aktif olarak çalışırken başta tedarikçiler olmak üzere diğer kurum ve kuruluşların gelişim süreçlerine katkı sağlayacak adımlar atmaktadır. 1991 yılından bu yana yürütülen Ar-Ge operasyonları kapsamında kurum içerisinde artarak çoğalan kültürün ve stratejinin yaygınlaşarak gelişmesine katkı sunmak için hazırlanan söz konusu yayında, gelecek için öneriler üç ana başlıkta gruplandırılmıştır.

Tecrübe Eşitleme ve Standartlaştırma: Değişen dünyada ve elbette ki ülkemizde iş değiştirme kavramında kuşaklar arasında yaşanan kayma, işbirliği ekosisteminin doğasını da derinden etkilemektedir. Değişen yönetimler yeni yaklaşımları beraberinde getirebilmekte, kurumlarda oluşan kültürü sarsan etkiler yaratabilmektedir. Bu kapsamda, ÜSİMP'in önderliğinde başlatılan Mesleki Yeterlilik Kurumu (MYK)-Teknoloji Transfer Uzmanı Ulusal Yeterliliği¹⁸,nin 03.07.2024 tarihi itibarı ile devreye alınması büyük bir önem arz etmektedir. Teknoloji Transfer Ofislerindeki (TTO) insan kaynaklarının nitelikli yetkinliklerde olması, yetkilendirilmiş kişilerin bu alandaki tanınırlığının artması ve bilgi birikiminin aktarımının standartlaştırılması, Ar-Ge ekosisteminin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Tecrübe eşitleme ve standartlaşma ile ilgili alınabilecek önemli aksiyonlardan biri TTO temsilcilerinin, sanayi temsilcileri ile daha sık bir araya gelerek yetenek eşitleme ve strateji oluşturma süreçlerini desteklemek bu sayede ekosistemin daha verimli çalışmasına olanak tanımak olacaktır. TÜBİTAK'ın Ufuk Avrupa programı için yürüttüğü sertifikalı Bilgi Çoğaltıcı yaklaşımına benzer şekilde, ÜSİMP'in önderliğinde TTO ve Sanayi temsilcilerini yakınlaştıracak Üniversite-Sanayi İş Birliği (ÜSİ) için Bilgi Çoğaltıcılık yaklaşımının benimsenmesi, sanayide tecrübeli kişilerin üniversite süreçleri içerisinde veya TTO yapılanmalarına dahil edilmesi ve işbirliği yaklaşımının desteklenmesi, bilgi akışının hızlanmasına ve işbirliklerinin güçlenmesine katkıda bulunacaktır.

Başarılı Uygulamaların Yaygınlaştırılması: Üniversite ekosisteminde olduğu kadar sanayi ekosisteminde de inovasyon kültürü ve iş yapışa örnek oluşturabilecek başarılı uygulamalar bulunmaktadır. Arçelik SAYEM yürütücülüğü ve 1004 Mükemmeliyet Merkezleri Araştırma Projeleri Yürütücü Kuruluş (APYK) rolleri ile geçmiş proje deneyiminde başarılı iş birliği mekanizmaları kurgulamıştır. Gelecekte iş birliği amacı ile kurulacak konsorsiyumların, geçmiş konsorsiyumlar ile etkileşime geçerek tecrübe aktarımını mümkün kılması, iş stratejilerinin daha ileriye taşınması önem arz etmektedir. Tecrübe aktarımında konsorsiyum anlaşmalarına örnek teşkil edecek taslaklar veya APYK altında gerçekleştirilen masraf, fatura ve süreç takibindeki iyi uygulamalar yaygınlaştırılabilir. Yeteneğe erişim alanında, sanayi şirketleri arasında Konsorsiyum bazlı deneyim gibi başarılı iş birliği modellerinin yaygınlaştırılması ve daha fazla öğrenciye ulaştırılması; beyin göçünün önlenmesine katkı sağlayabilir, kurum kültürüne lisans eğitimi sırasında dahil olan yeni yetenekleri ve araştırmacıları etkin bir şekilde sürece dahil etmeyi kolaylaştırabilir, bir akademisyen ile sanayi şirketi arasında problem bazlı kurulacak ilk etkileşim için kısa dönemli başarılı bir proje deneyimi sunabilir.

FSMH Stratejilerinin Analitik Metotlarla Geliştirilmesi: Araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin en önemli çıktıları arasında yer alan patentli teknolojiler ve bilgi birikimi (know-how), hem akademik hem de endüstriyel araştırmaların temel sonuçlarından biridir. Patentli teknolojiler, Ar-Ge çalışmaları için yatırılan zaman, para ve kaynakların önemli bir dönüşümünü temsil eder. Ayrıca, endüstriyel ve akademik araştırmaların yürütülmesi sırasında elde edilen bilgi birikimi, gelecekteki çalışmaların temelini oluşturur. Bununla birlikte teknoloji alanında ihtiyaç duyulan gereksinimlerin iş birlikleri çerçevesinde olgunlaştırılması, beraberinde bazı bilinmezlikleri doğurmaktadır. Fikri kazanımları oluşturan faktörleri ortaya koyacak ve faktörlerin birbiri üzerindeki etkileşimi analiz ederek kapsamlı bir değerlendirme sistemi oluşturmak amacı ile Cansu Musaoğlu, Ege Üniversitesi Biyoteknoloji bölümünde “Medikal Cihaz Teknolojilerinde Fikri Kazanımları Oluşturan Faktörler ve Değerlendirmeleri” konulu doktora tezi çalışmalarını sürdürmekte elde edilen bulgular, doktora sürecinin başarı ile tamamlanmasıyla tüm ilgililerle paylaşmayı hedeflemektedir.

Sonuç olarak, Türkiye'deki Ar-Ge ekosisteminin gelişimi, üniversiteler ve sanayi arasındaki işbirlikleri, teşvik edici politikalar ve stratejik yatırımlar sayesinde ivme kazanmıştır. Bu ekosistemin başarılı bir şekilde ilerlemesi, özellikle bilgi ve tecrübenin paylaşımı ve standartlaştırılması süreçlerinin doğru yönetilmesiyle mümkün olacaktır. Tecrübe eşitleme ve standartlaştırma hem akademik hem de endüstriyel ortamlarda ortak bir dil ve metodoloji oluşturmayı mümkün kılarak, verimliliği artıracak ve farklı paydaşlar arasındaki işbirliğini güçlendirecektir. Başarılı uygulamaların yaygınlaştırılması, sadece belirli alanlarda değil, tüm sektörlerde inovasyon ve Ar-Ge faaliyetlerinin teşvik edilmesini sağlayacaktır. Bu, yeni teknolojilerin ve süreçlerin daha geniş bir çerçevede benimsenmesi ve uygulanması için kritik bir adımdır. FSMH stratejilerinin analitik metotlarla geliştirilmesi hem kısa vadede hem de uzun vadede stratejik kararların daha veriye dayalı ve öngörülebilir olmasını sağlayacaktır. Bu, Ar-Ge faaliyetlerinin daha etkili yönetilmesine ve kaynakların optimal şekilde kullanılmasına katkıda bulunacaktır.

Arçelik, gelişiminin yanı sıra ekosistemin tüm paydaşlarının süreçte ilerleme kaydetmesini önemseyen bir yaklaşımla tecrübe ve bilgi birikimini paylaşarak, diğer kurum ve kuruluşların bu alandaki kapasitelerini artırmalarına katkıda bulunmayı hedeflemektedir. Türkiye'nin inovasyon ekosisteminde benimsenecek bu bakış açısı, ülkemizin stratejik hedeflerine ulaşma ve sürdürülebilir kalkınma sürecinde önemli bir rol oynamakla kalmayacak, tüm aktörlerin bütünsel gelişimine destek sağlayacak, her bir paydaşın uluslararası düzeyde daha rekabetçi hale gelmesine olanak tanıyacaktır.

KAYNAKLAR

1. <https://www.un.org/en/academic-impact/sustainability>
2. [https://www.worldbank.org/en/topic/sme/finance#:~:text=SMEs%20account%20for%20the%20majority,\(GDP\)%20in%20emerging%20economies](https://www.worldbank.org/en/topic/sme/finance#:~:text=SMEs%20account%20for%20the%20majority,(GDP)%20in%20emerging%20economies)
3. Doğan, M.(2022). Ekonomik, Sosyal ve Çevresel Dönüşümde Yeşil Ekonominin Rolü, Uluslararası Sosyal, Siyasal ve Mali Araştırmalar Dergisi (USSMAD), C:2 S:1 , 49-73.
4. JianfangZong, Xin Zhang, Xin Liang, JianweiTian, Yuanfei Han, JinxinGuan,” Technical specificationforgreendesignevaluation of cookingappliances” IOP conferenceseries. Earth andenvironmentalscience, 2021
5. <https://doi.org/10.3390/app122010510>

6. Phaal, R., Farrukh, C., Probert, D.R. (2013). Technology Management and Roadmapping at the Firm Level. In: Moehrle, M., Isenmann, R., Phaal, R. (eds) Technology Roadmapping for Strategy and Innovation. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-33923-3_2
7. Phaal, R., Farrukh, C., Probert, D.R. (2003). Technology Roadmapping-developing a practical approach for linking resources to strategic goals. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B Journal of Engineering Manufacture 217(9):1183-1195. doi:10.1243/095440503322420115
8. David W.L. Hsu, Yung-Chi Shen, Yuan Bao, Chiyan James Chou, (2015), "Technological forecasting & social change".
9. Sukkyoung Kim, JunTae Kim, Dae-Woon Lim, EuySoo Lee (2017), 7th World Engineering Education Forum (WEEF).
10. Şahin İ., 2021, Teknoloji ediniminde kullanılan yöntemler: Türkiye, ABD, Almanya ve Çin karşılaştırması, Başkent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi
11. Bertello, A., Ferraris, A., De Bernardi, P., & Bertoldi, B. (2022), Challenges to open innovation in traditional SMEs: an analysis of pre-competitive projects in university-industry-government collaboration. International Entrepreneurship and Management Journal, 1-16.
12. Yücel E, 2019, İşletmelerin yenilik performansının artırılmasında üniversite - sanayi işbirliğinin rolü: Ar-Ge veya tasarım merkezlerine sahip işletmeler üzerine bir uygulama, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi.
13. Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlar Uygulama Kılavuzu, Üniversite Buluşları Kılavuzu, 30/06/2020, Rev:00
14. <https://www.wipo.int/edocs/statistics-country-profile/en/tr.pdf>
15. Mohammadamin Maleki, Farzad Rokhsar Talabazar, Seyedali Seyedmirzaei Sarraf, Araz Sheibani Aghdam, Songül Bayraktar, Ehsan Tuzcuoğlu, Ali Koşar, and Morteza Ghorbani, ACS Omega 2023 8 (32), 29595-29607
16. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003682X22005138>
17. <https://www.wipo.int/edocs/statistics-country-profile/en/tr.pdf>
18. https://www.usimp.org.tr/uploads/MYK/24uy0579_6_rev_00_teknoloji_tran.pdf

Akıllı Enerji Yönetim Sistemi , Enerji Tüketimi ve Çevresel Etkileri

Sinan Kezer, TTG International Istanbul / Türkiye*

**Eskişehir Teknik Üniversitesi Enerji Yönetimi Yüksek Lisans Öğrencisi*

Sinan.Kezer@ttgint.com

Anahtar Kelimeler: enerji yönetimi, karbon ayak izi, makine öğrenmesi, sürdürülebilirlik

ÖZET

Dalgalı bir seyir izlemekle beraber, Türkiye’de işletmelerde enerji tüketimi son 10 yılda %46 oranında artmış , elektrik tüketiminin payı %18’lerden %29’lara yükselmiştir.^[1]İnternet , bulut mimarisi ve şimdilerde gittikçe artan kullanımı ile yapay zeka, elektrik enerji kullanımında artan bir yere sahiptir. 2020 yılında ABD’de veri merkezlerinde, toplam enerji tüketiminin %2 si gerçekleşmiş, yıllık artış %4 civarında olmuştur. Türkiye ‘de ABD ile karşılaştırılınca, veri merkezleri kapasitesi az olmakla beraber büyüme eğrisi %60 civarında^[3], dünyanın ileri gelen büyüme eğrilerinden olup, toplam enerji tüketimindeki yeri ülkedeki elektrik enerji tüketimi yüzdesinde de büyümektedir. Veri merkezlerinde kullanılan enerjinin izlenmesi, ısıtma-soğutma sistemlerinin optimizasyonu, enerji depolama araçlarının periyodik testlerinin yapılmasına yönelik performans izleme ve yönetim araçlarının makine öğrenmesi modelleri ile desteklenmesi ile enerji tasarrufu sağladığı ve dolayısıyla karbon ayak izinin azaltılmasına katkıda bulunduğu gibi, kullanılan cihazların ömürlerinin uzatılması sayesinde sürdürülebilirliğe de katkıda bulunmaktadır.

GİRİŞ

Veri Merkezleri , farklı araştırmalara göre dünyadaki elektrik enerji kullanımının %2-3.5 ini tüketmektedir. Klasik bir veri merkezinde bulunan ekipmanların enerji yapıtaşlarının doğru yönetimi; enerji tüketiminin azaltılması, kullanılan envanterin doğru planlanması ve optimizasyonu, bileşenleri kullanım ömürlerinin uzatılması, kestirimci bakımlarının sağlanması, bakım periyodlarının optimize edilmesi yanında, enerji kullanımını, atık ve karbon ayak izini azaltmaktadır. Yeni nesil veri merkezlerinde eklemlenen sürdürülebilir yeşil enerji kaynakları, şebekeden gelen elektriğin de alternatif olmasıyla karmaşıklığı artırmaktadır.

Veri Merkezi Yapı Taşları

Veri merkezleri, çoklukla orta gerilimle beslenmekte, şebekeden gelen enerji önce bir batarya grubuna gelerek kesintisiz güç kaynağı (KGK) gerilim dalgalanmalarına karşı korunmakta, hem de elektrik enerjisinin kesintisine karşı yedeklenmektedir. Uzun süren elektrik kesintisine karşı bir ya da birden fazla jeneratör ile desteklenmekte, günümüzde artan elektrik maliyetleri ve karbon ayakizinin azaltılmasına yönelik endişelerden dolayı, jeneratörün yanında, emre amadelik oranı şebeke ya da jeneratör kadar yüksek olmasa da yenilenebilir enerji kaynakları ile (çoklukla Güneş Enerji Santrali – GES) desteklenmektedir.

Daha önceki yıllar KGK’nın ana enerji depolama kaynağı kurşun-asit akülerken, halen fiyatının yüksekliğine karşın Lityum-Ion aküler, uzun ömürleri, yönetilebilirlikleri ve enerji yoğunlukları sebebiyle tercih edilir duruma gelmiştir.

KGK, den çıkan enerji, veri merkezindeki veri işleme alanlarına dağıldıktan sonra, elektrik enerjisi, sunucu, depolama sistemleri, ağ bağlantısı, güvenlik ekipmanları gibi cihazlarda, ısı enerjisine dönüştürülmekte, cihazların çalışması için öngörülen sıcaklık aralığına düşürülmesi için klimalar kullanılmaktadır.

Klimalar gerek veri merkezinin sıcaklığını gerekse nemini kontrol etmekte, dış ortam sıcaklığına göre çalışma gücünü değiştirmektedir.

Veri Merkezi Enerji Yönetimindeki Sorunlar

Bataryalar

Enerji depolama sistemleri, yeni teknoloji bataryalar bile olsa, belli aralıklarla test edilmeleri gerekmektedir. Batarya düzeneği içinde bir pil, diğerlerinden daha hızlı bir bozunuma uğramışsa, bataryadaki diğer pilleri olumsuz etkilemekte olduğundan, konunun zamanlı tespiti önem arz etmektedir. Pil, ya batarya grubundan soyutlanmalı, olamıyorsa, batarya bloğu olduğu gibi değiştirilmelidir.

Test harici, bataryaların ekonomik ömürlerinin uzaması için, yılda belli aralıklarla şarj-deşarj işlemi yapılması, bu işlem sırasında davranışları farklı gözüken batarya sistemleri de ayrıştırılmalıdır.

Bataryalar, gerek kurşun asit olsun, gerekse LiOn olsun, atık açısından çevre tehdidi yaratmaktadır ve yasal prosedür izlenerek imhası gerekmektedir.

İklimlendirme

Veri merkezinde tüketilen enerji, çoklukla ısı enerjisine dönüşmekte, klima belli bir histerisis algoritması ile devreye girerek soğutma işlevini görmektedir. Ancak sunuculardan ortaya çıkan ve yerleştirildikleri öncelikle kabinet, daha sonra veri merkezinin klima ısı sensörleri tarafından gözlemlenip, klimanın çalışması zaman alabilmekte, ortamda istenmeyen ısı gerek bilgi işlem cihazlarının fanlarının daha hızlı dönmesi ile daha çok elektrik tüketmelerine yol açmaktadır. Bu da klimanın öngörülmemiş ısı artışından kaynaklanan gereğinden fazla çalışmasına yol açmaktadır. Veri merkezinin işlem kapasitesindeki artış beklentisi ve kestirebilir dalgalanmalar, çoklukla, fazla ısı ortaya çıkmadan değil, çıktıktan sonra sensörlere ulaşmakta ve iklimlendirme sistemlerine geç ulaşmaktadır.

Jeneratör ve Diğer Enerji Devamlılığı Sağlayan Unsurlar

Şebekeden uzun süreli elektrik kesintililerinde devreye girmesi beklenen jeneratör ve diğer enerji devamlılığı unsurları (volan tekeri gibi), belli aralıklarla test edilmeli, devreye girme ve çıkma prosedürlerinin planlandığı şekilde gerçekleştirildiği gözlemlenmelidir.

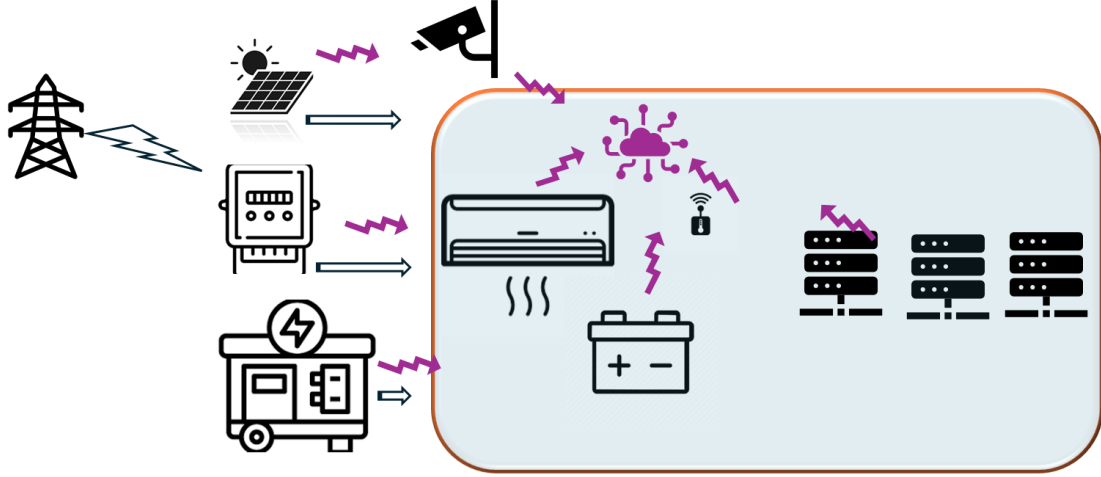
Gereç

Ar-Ge merkezimizde geliştirdiğimiz Akıllı Enerji Yönetimi Çözümü ile IoT cihazlarından farklı protokol ve standartlardan topladığımız bilgiler ışığında, dağıtık bir yapıda bulunan, akü, doğrultucu, iklimlendirme, jeneratör, otomatik sayaç okuma sistemleri verileri farklı makine öğrenmesi modelleri ile birleştirilerek, enerji kullanım optimizasyonu yanında, emre amadelik risk oranı, cihazların arıza, ömür ve emre amadelik oranları gözlemlenmiş ve artırılmıştır.

Veri Okuma

Bir veri merkezi kuruluşunda, enerji altyapı cihazlarını seçerken IP ile bilgi iletişim sağlanabilecek elementlerden seçilmesi ihtimali güçlüdür. Ancak dağıtık ve yıllara dağılacak

bir veri merkezi yapısında eski-yeni cihazlar, farklı protokoller oluşmaktadır. Kullanılan protokoller, IP, MODBUS, CANBUS olabildiği gibi, iletişim altyapısında WiFi yerine Lora kullanımı, veri merkezindeki cihazların az elektrik tüketmeleri isteği, merkezin her yerine WiFi ya da 3G-LTE-5G sinyallerinin erişemeyeceği yerlerde kullanılan bir çözümdür.



Şekil 1 - Veri Merkezi Enerji Altyapı İzleme Enerji ve Veri Akışı

Yöntem

Geliştirdiğimiz “SYNERGY” yazılımı, dağıtık bir veri merkezi statüsünde bulunan bir mobil şebeke operatörünün baz istasyonlarının enerji altyapısını merkezi olarak izlemekte,

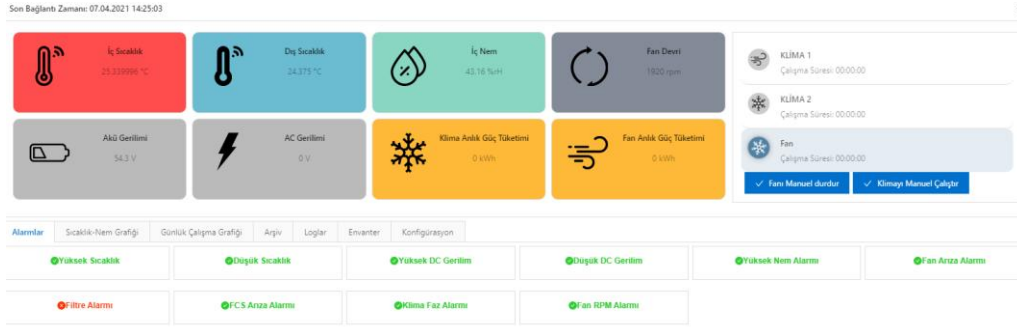
- OSOS
- Jeneratör
- GES
- Batarya altyapısı (redresör üzerinden)
- Klima
- Free-Cooling (dış ortam fanı)

gibi enerji altyapısı sistemlerinden gelen verileri okumakta, ilişkilendirmekte, uzaktan batarya, jeneratör testi, yapmaktadır.

SYNERGY

SYNERGY, enerji altyapılarını izleyen, denetleyen ve kontrol eden makina öğrenmesi ile kestirimci bakım ve cihaz ömürlerinin hesaplanmasına yardımcı olan, çıkan arıza ve iş kalemlerini merkezi bir alarm/iş-emri sistemine entegre edebilen TTG Int. tarafından geliştirilen bir yazılımdır. Her ne kadar bu bildiride bir veri merkezi örneği üzerinden gösterilse de sistem, tüm tesis ve işletmelere uyarlanabilir bir çözümdür.

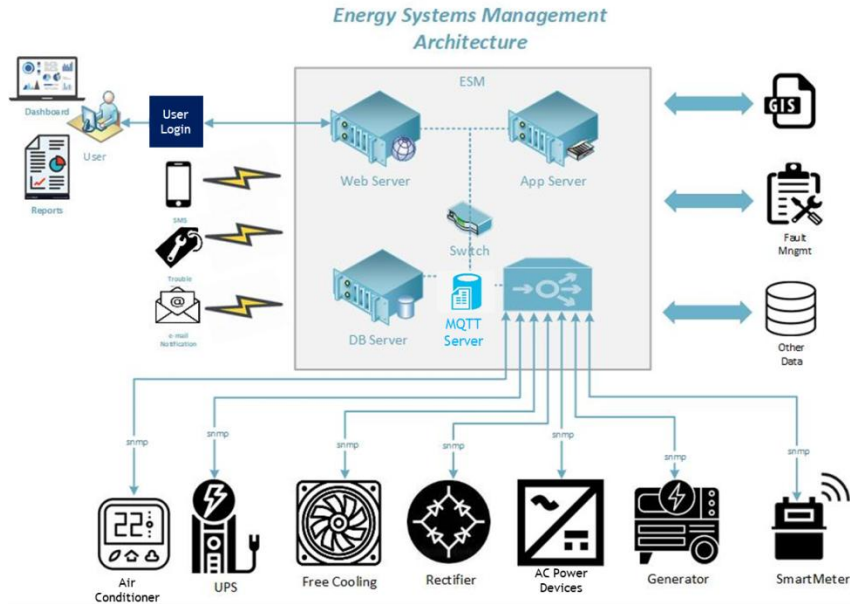
SYNERGY yazılımının dağıtık veri merkezi kurgusundaki mobil şebeke operatöründe kullanılan özellikleri:



Şekil 2 - SYNERGY Enerji Altyapısı İzleme Sistemi

20 binden fazla baz sahanın

- Tüm enerji verilerini, istasyon ve bölge bazlı ilişkilendirmekte (örneğin bir bölgedeki kesinti ya da gerilim dalgalanmalarının enerji arz sağlığı açısından raporlayabilmekte)
- Oluşan arızaları ilişkilendirebilmekte (örneğin bir sıcaklık artışı durumunu free-cooling filtreleri ile ilişkilendirmek)
- Uzaktan çeşitli gruplarla yaptığı akü testlerinde , beklenen gerilimlerin ve süre aşımalarının sonucunda , bataryanın ekonomik ömrünü doldurduğunu betimlemekte
- Bataryanın üreticisi, seri numarası gibi çeşitli verileri üzerinden makine öğrenmesi algoritmaları ile saha ayakta kalabilme sürelerini hesaplayabilmekte
- Eğer istenirse benzer iki sahanın ürettiği veri üzerinden verimlilik hesabı yapabilmekte ve bu sayede “optimum/altın “ konfigürasyon konusunda kullanıcıya yön göstermekte
- Sıklıkla bozulan ekipmanların ömrünü tahmin edebilmekte ve raporlamakta
- Geniş bir sahada elektrik kesintisinin olması durumunda jeneratör yakıtlarını hesap ederek emre amadelik seviyesinin izlenmesi ve artırılmasını sağlamaktadır.



Şekil 3 - Synergy Blok Diyagram

Bulgular

Yaptığımız çalışmalarda, kestirimci bakıma tabi olacak cihazların (jeneratör gibi) ve akü ömürlerinin hesaplanmasında, random-forest algoritması kullanılmış, veri seti olarak, akü yaş, model, baz istasyonu mevsimsel sıcaklık değişimleri, giriş gerilim dalgalanmaları kullanılmıştır. Toplanan veri, 2000 sahadan alınarak, diğer 18000 saha için kestirimci öngörülerde bulunulmuş, doğruluk payı %78 seviyesinde görülmüştür.

Bu sayede veri merkezlerinde kullanılan akü ömürlerinin %5'e varan oranda arttığı görülmüştür. Açılan çağrılar yanında, ileride açılacak sorunlu alan tahminleri sayesinde, saha ziyaretlerinin %50'lere varan oranda düşmüş, akü yatırımları, doğru kapasite ve marka-model planlaması sayesinde %20 azalmış, pratik uygulamalarda, farklı ürün ve coğrafya ortalamaları bu beklentileri karşıladığı görülmüştür.

Karşılaşılan sorunlar

Dağıtık bir sahada farklı marka ve modellerin bulunması, cihazların bir kısmının hemen herhangi "akıllı" bir bağlantı yönteminin bulunmaması verimliliğin tüm sahalarla yayılmasını engellemektedir. Ancak ekonomik ömrü dolan cihazlar, daha akıllı yeni cihazlarla zaman içinde değişmekte ve verimlilik yayılmaktadır.

Envanter verisi hatalı girilebilmekte/okunabilmekte, bu da makine öğrenmesi veri setlerinde dengesizliğe yol açmaktadır. Örneğin, batarya çıkış gerilimi, okuyucu sensör hatası sebebiyle 48V yerine 92V okunabilmekte ve makine öğrenmesini yanlış yönlendirebilmektedir. Gerçi algoritmalar bu tür sorunların (outlier) önünü almakla beraber, ilk yüklemde farklı "sakala" içinde okumalar bazen yüzlerce batarya okumasında hataya yol açabilmektedir. Makine öğrenmesi sonuçlarının belli zaman aralıklarında (saha çalışması sonucunda, iş yükü ve getiri hesaplandığında 6 ay optimum süre olarak öngörülmüştür) gerçek saha testleri ile eşleştirilmesi ve veri setlerinin tazelenmesi öngörülmüştür.

SONUÇ

Veri merkezlerinin tüm sistem bileşenleri ile bütünleşmiş bir şekilde yönetilmesinin etkin sonuçları görülmüştür. Veri merkezlerinin sayı ve kapasite artışlarının beklendiği süreçte, farklı etmenleri içeren modeller işe etkinliğin artırılması, atık miktarı ve sürdürülebilirliği olumlu yönde etkilemektedir.

KAYNAKÇA

[1] <http://enerji.gov.tr/eigm-raporlari> Ulusal Enerji Denge Tablosu 7/10/24

[2] Hanus, N., Newkirk, A. & Stratton, H. Organizational and psychological measures for data center energy efficiency: barriers and mitigation strategies. Energy Efficiency 16, 1 (2023).
<https://doi.org/10.1007/s12053-022-10078-1>

[3] Çelik, R., (2023). Veri Merkezleri'nin Enerji Verimliliklerinin Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

[4] Fei et al., 2021 Energy, 225 (2021), Article 120205; Early prediction of battery lifetime via a machine learning based framework

[5] <http://inform.tmforum.org/research-and-analysis/case-studies/synergy-turkcells-automated-smart-energy-management-solution> : 10/10 /24

YEŞİL DÖNÜŞÜME SEKTÖRDEN BAĞIMSIZ YAKLAŞIM

100 Soruda Yeşil Performans

Orçun Zığındere¹, Hakan Koçak¹, Çağatay Özdemir¹ ¹Sağlam Metal San. ve Tic. A.Ş.

*orcun.zigindere@saglammetal.com, hakan.kocak@saglammetal.com,
cagatay.ozdemir@saglammetal.com*

ÖZET

Nüfus artışı, şehirleşme, yenilenen ve artan tüketim alışkanlıkları, çevremiz ve doğal kaynaklar üzerinde olumsuz etkiler yaratıyor. Küresel ısınma ve iklim değişikliği ile ilgili sorunlar ise dünyamızın geleceğini tehdit eder boyutlara ulaşmış durumda. Sürdürülebilir kalkınma hedeflerine erişmek için küresel ölçekte yaygınlaşan üretim modeli “Yeşil Dönüşüm” kavramı ile ifade edilir. Düşük karbon ekonomisi şeklinde adlandırılan “Yeşil Dönüşüm” sürecinde, üretim sektörlerinde yeşil üretim ile hem çevrenin korunması hem de rekabetçiliğin artırılması zorunluluk haline gelmiştir.

Yaşamımız süresince gerçekleştirdiğimiz üretim ve tüketim faaliyetleri dünyada bir iz bırakmaktadır. Tükettiğimiz gıdalar, dayanıklı ve dayanıksız tüm tüketim ürünleri, ulaşım ve ısınma için kullandığımız enerji kaynakları ve bunların neden olduğu kirlilik, bu izin yarattığı tehlikenin büyüklük boyutunu ortaya koymaktadır. Buna üretim sürecinde kullanılan hammaddeler ve yarı mamuller eklendiğinde ve dünyanın mevcut kaynaklarının bir sonu olduğunu düşünüldüğünde, yenilenemez kaynaklar yerine yenilenebilir kaynakların kullanımı geleceğimiz için çok kritik bir önem taşımaktadır.

Ülkemizin çevresel tehditleri fırsata çevirme noktasında gerekli değişim ve dönüşümü sağlayarak yönetsel anlamda göstereceği “Yeşil Performans” yenilenebilir kaynakların tüketim düzeyinin artması ve bu sayede kaynak tüketim hızının, kaynak yenilenme hızının altında tutulması sureti ile geleceğimizin garanti altına alınması noktasında büyük önem taşımaktadır.

Anahtar kelimeler: Yeşil performans, sürdürülebilirlik, enerji verimliliği, geri kazanım

GİRİŞ

Yeni nesil iş yerlerinin yönetiminde “yeşil dönüşüm” değişkenini dikkate almadan üretimi sürdürülebilir kılmak zorlaşmaktadır. Yeni nesil işyerleri sadece üretime ve insana yatırım yapmakla kalmamakta, özellikle sürdürülebilir bir hale gelmek ve iletişim olanaklarını kullanarak küresel ölçekteki “iş birliklerine” ulaşmanın alt yapısına da çalışmaktadır. Bunun için yaptığımız işi yeniden tasarlamak ve buna göre yol almak gerekmektedir. Bu işletmelerin çok uzak mesafelere görsel ve duyuşal iletişimle erişebilmesi gerekmektedir. Bu tür iletişim ve iş birliği kabiliyetleri; ürün çeşitliliğine, kalitesine ve maliyete etki etmektedir. Bu kabiliyetler yeni erişebilirlik olanakları, üretim alanının daha verimli kullanılmasına, üretim süreçlerinin daha bilinçli ele alınmasına etki etmektedir. Yeşil performans gerekli yeşil dönüşüm, teknoloji, üretim, esneklik içeren, uygun maliyetle, işletmelere uzakları yakın eden adımları içermektedir. Üretimin uçtan uca kontrolünü, müşteri profilini, iş birliği potansiyeli olan başka iş yerleriyle eşleşme biçimlerini farklı bir zihni modelle ele almayı gerektirmektedir. Daha iyi bir yeşil performans için, ekonominin en küçük teknik birimleri olan küçük ölçek iş yerlerinin bile işlerini yaparken kullandıkları bakış açılarını

değiştirmesi gerekmektedir.100 Soruda Yeşil Performans kitabı yeşil dönüşüme adım atmak isteyenler için vazgeçilmez bir kaynaktır. İşyerinin ölçeğinden bağımsız olarak, yeşil performans bağlantılarının ve olanaklarının neler olduğunu bilmemiz gerekmektedir. Günümüzde teknolojinin hız yaratma özelliği yeşil dönüşüm ile anılmaktadır [1].

Her toplumun temel amacı, kendi refah seviyesini artırmaktır. Geçmişte bu amaç savaşlar, sanayileşme ve teknolojik ilerlemeler aracılığıyla gerçekleştirilirken, günümüzün yeni nesli bu hedefe, toplumsal ortak varlıklara daha fazla sahip çıkarak ulaşmayı amaçlamaktadır. Dijital teknolojilerle yetişen bu yeni kuşak, çevreye karşı daha duyarlı bir tutum benimsemekte ve üretim süreçlerini, çevre bilinci ile harmanlanmış yeni teknolojiler ve verimlilik önlemleri aracılığıyla yürütmektedir [1-2].

Yeşil Dönüşüm ‘ün en belirgin göstergelerinden biri olan ekolojik ayak izinin en büyük bileşeni, Türkiye’de %46 oranıyla karbon ayak izidir. Ülkemizin yoğun enerji kullanımı ve bu enerjinin büyük ölçüde ithal edilmesi, Türkiye’nin karbon ayak izinin yüksek seviyelere ulaşmasına neden olmaktadır. Ayrıca, bu enerji bağımlılığı, Türkiye’nin en büyük ekonomik sorunlarından biri olan cari açığın da en önemli sebeplerinden biri olarak öne çıkmaktadır. İstanbul Sanayi Odası ve Ipsos iş birliği ile gerçekleştirilen “Sanayide Sürdürülebilirlik Eğilimi Araştırması 2024” sonuçlarına göre, sanayi kuruluşlarının sürdürülebilirlik ve yeşil dönüşüm konusundaki yaklaşımları incelendiğinde, "Yeşil Performans"ın kurumsal stratejiye entegre edilmesi sürecinin henüz başlangıç aşamasında olduğu tespit edilmiştir [2].

Yeşil dönüşüm ve sürdürülebilirlik konularına ilişkin bilgi seviyesinin düşük olduğu ve sınırlı sayıda işletmenin yeşil hedefler belirlediği gözlemlenmektedir. Bu sınırlı sayıda işletmede ise öncelikli olarak ekonomik hedefler öne çıkmaktadır. Türkiye’deki sanayi kuruluşlarının yalnızca %13’ü karbon ayak izini hesaplarken, kamuya açık sürdürülebilirlik raporu yayımlayan şirketlerin oranı ise yalnızca %6’dır [2].

Bu konudaki farkındalığın sınırlı olması, yasal düzenlemeler ve ekonomik kaygılar çerçevesinde şekillenmektedir. Ancak hazırlanan bu bildiri ile KOBİ’lere yeşil dönüşüm, sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm gibi konularda yol gösterici nitelikte bir rehber sunulmaktadır. Ayrıca, Sağlam Metal firmasında gerçekleştirilen projeler ve yapılan patent başvuruları ile bu kavramlar somut örneklerle desteklenmiş ve uygulamalı bir nitelik kazanmıştır.

YEŞİL PERFORMANS

Yeşil dönüşüm üretimin çevreye olan zararlı etkilerini azaltmayı hedefleyen bir dönüşüm hareketi olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde şirketlerin Yeşil Dönüşüm yolunda attıkları her adım onlara müşteri- tedarikçi-yatırımcı güvenini artırarak geri dönmektedir. Atık azaltma, alternatif enerji kullanımı, enerji verimliliği, su verimliliği gibi adımlar, şirketlere rekabet avantajı sağlamaktadır. Çevre dostu ürün ve hizmetler zararlı gazların yarattığı sera gazı emisyonlarını düşürmektedir. Bu da gelecek nesiller için daha temiz bir hava, su ve çevre anlamına gelmektedir [1].

Çevre dostu ürün ve hizmetler müşterilere daha çekici gelmektedir. Emisyonları düşük olan şirketler daha güvenli görülmektedir ve finansman kaynaklarına ulaşmada daha çok tercih edilmektedir [1].

Başarılı Bir Yeşil Dönüşüm Hareketinin Adımları

İşletme tarihine bakıldığında, kuruluşlar genellikle koşullar olumlu olduğunda mevcut iş modellerini sorgulama eğiliminde değildirler. Ancak, çevresel koşullar değiştiğinde bu sorgulama eksikliği nedeniyle zorluklarla karşılaşmaktadırlar. Bu noktada, dönüşüm sürecini doğru bir şekilde tanımlamak ve dönüşümü sağlayacak stratejik düşünceler geliştirmek gerekmektedir [1]. Bu süreç, aşağıdaki temel adımlar çerçevesinde ilerletilmelidir:

Plan oluşturma: Şirketler, faaliyet gösterdikleri sektöre ve mevcut koşullarına uygun stratejik bir plan oluşturmalıdır. Bu plan, yeşil dönüşüm sürecinde yol haritası niteliği taşıyacaktır.

İlk değerlendirme: Üretim süreçlerine ilişkin akışlar net bir biçimde tanımlanmalıdır. Etkili bir plan oluşturmak ve devamında gerekli önlemleri almak, yeşil dönüşümün başarılı olabilmesi için kritik öneme sahiptir. Ayrıca, şirketler, sektörlerinde çevreye zarar veren unsurları tespit etmeli ve bu sorunların çözümüne yönelik stratejiler geliştirmelidir.

Yönetim desteği sağlama: Yeşil dönüşüm sürecinin başarılı olabilmesi için, şirket yönetimi tarafından benimsenmiş bir "Yeşil Dönüşüm Planı" büyük bir önem taşımaktadır. Yönetim kademesinin çevresel sürdürülebilirliği destekleyen bir üretim ve tüketim anlayışı benimsemesi, bu anlayışın alt kademelere hızla yayılmasını sağlayacaktır.

Eğitilere başlama: Yeşil dönüşüm sürecinde, yönetim tarafından güçlü bir destek sağlanarak başlatılan eğitimler, çalışanlar arasında bu sürecin daha hızlı benimsenmesini kolaylaştıracaktır. Eğitimler, yeşil dönüşüm konusunda farkındalık yaratmak ve gerekli becerileri kazandırmak açısından kritik rol oynamaktadır.

Enerji verimliliğini artırma: Enerji verimliliği, yeşil dönüşüm sürecinin en önemli unsurlarından biridir. Şirketler, enerji tasarrufu sağlayabilecek alanları belirlemeli ve enerji verimliliğini artıracak uygulamaları hayata geçirmelidir. Bu, hem maliyet tasarrufu sağlamak hem de çevresel etkileri minimize etmek açısından stratejik bir adımdır.

Atık yönetimi planlama: Şirketler, atıklarının kaynağını tespit etmeli ve atık yönetimi süreçlerini planlamalıdır. Atıkların geri dönüştürülmesi veya yeniden kullanımı gibi sürdürülebilir alternatifler üzerine çalışmak, çevresel etkileri azaltmada önemli bir rol oynayacaktır.

Çevre dostu ürün kullanımı: Şirketler, çevre dostu malzemeler ve ürünleri tercih etmelidir. Geri dönüştürülebilir materyallerin kullanılması, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılması, su tasarrufu sağlayan ürünlerin seçimi ve çevre dostu kimyasalların kullanımı, yeşil dönüşüm sürecine önemli katkılar sağlayacaktır.

Yeşil Performansta Başarılı Olan Şirketlerin Avantajları

Bir işletme "Yeşil Performans" ta başarı sağlayarak dört temel avantaj elde edebilir:

Gelir artışı

Maliyet tasarrufu

Şirketin değer kazanması

İsrafın Önlenmesi

Yeşil Performans, genellikle kısa ve orta vadede kısıtlı kazançlar sağlasa da esas değerini uzun vadede göstermektedir. Bu değer, iyi tasarlanmış ürünler, dijital dönüşüm, bilgi teknolojilerinin etkin kullanımı ve çevresel farkındalığa sahip, eğitilmiş çalışanlarla artırılabilir. Yeşil Performans açısından başarı sağlayan şirketler, küresel pazarlarda, çevresel uyum sağladıkları ürünler ve sürdürülebilir iş modelleriyle yeşil dönüşümü başarıyla uygulayabilmektedir [1].

Müşteri odaklılık ve müşteri sadakati, firmanın marka değerini yükseltirken, yeni pazarlara açılma fırsatları sunar. Atıkların azaltılması ve malzemelerin yeniden kullanıma uygun hale getirilmesi, üretimde kullanılan malzeme miktarını düşürerek, şirketi daha verimli ve kârlı hale getirir. Üretim maliyetlerindeki bu azalma, tüketicilerin daha uygun fiyatlarla daha fazla ürün satın almasına imkan tanımaktadır. Böylece, özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki işletmelere rekabet avantajı sağlanmakta ve uluslararası pazarlara açılma imkanı yaratılmaktadır [1].

Şirketler İçin Yeşil Dönüşüm Yol Haritası

Küreselleşme, küresel pazardan pay almak, sürekli rekabet gücü kazanmak ve finans, insan kaynakları, doğal kaynaklar gibi küresel kaynaklardan faydalanmak gibi konular, şirketlerin karşısına hem fırsatlar hem de tehditler olarak çıkmaktadır. Bu zorlukların üstesinden gelebilmenin ön koşulu, kuruluşların değişen dünya koşullarına uyum sağlayarak, fark yaratacak şekilde yönetim stratejilerini geliştirmesi ve mükemmelleştirmesidir. Bu süreçte, müşterilerin yeşil dönüşüm beklentileri, ana üreticilerin yan sanayi ve tedarik zincirlerini yönlendirmesiyle, işletmeleri bu konuda ciddi adımlar atmaya mecbur bırakmaktadır [2].

Örneğin, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir ana üreticinin çevreye duyarlı yaklaşımı, büyük tedarikçilerini ve onların alt tedarikçilerini de yeşil dönüşüm sürecine katılmaya zorlamaktadır. Bu dönüşüm süreci, sac kalıp üreten küçük bir atölyeden, kalıp çeliği ve aksesuarlarını temin eden en alt tedarikçiye kadar geniş bir yelpazede etkili olabilmektedir. Bu kapsamda, kalıp çeliğinin sertleştirme işleminin yapıldığı fırınlar bile çevresel açıdan değerlendirilebilmekte ve çevreye zararlı olan tuz banyosu gibi ısı işlem süreçleri, çevre dostu vakum fırınlarıyla değiştirilmektedir [2].

Yeşil Ar-Ge

On yıl önce, yeni üretim süreçlerine yatırım yapanlar genellikle küçük ABD şirketleri ve girişimcilerdi, çünkü geri dönüştürülmüş ürün piyasalarına girmekten en çok fayda sağlayacak olanlar bu gruptu. Büyük ölçekli şirketlerin çoğu ise 1980'lerin sonlarına kadar el değmemiş doğal kaynakları işleyen fabrikalara yönelik yatırımlar yapmayı sürdürmüştü. Günümüzde ise endüstrinin, geri dönüştürülmüş ürünleri, muadilleriyle aynı kalitede ve rekabetçi fiyatlarla üretebilmek için yeni teknolojilere büyük yatırımlar yapması gerekmektedir. Toplumsal sorumluluk gereği yapılan beyanlar bir yana bırakıldığında, bu denli büyük Ar-Ge yatırımları iki ana sebepten kaynaklanır: kâr beklentisi ve rekabet baskısı [3].

Çelik ve alüminyum kaplar, sabun ve düşük maliyetli tuvalet kağıtları gibi pek çok ürün, on yıllar boyunca geri dönüştürülmüş malzemeler kullanılarak üretilmiştir. Örneğin, Fort Howard, Wisconsin Tissue Mills ve Marcal gibi şirketler, son 70 yıldır üretim süreçlerinde fabrika ve matbaalardan çıkan atık kağıtları temel hammadde olarak kullanmışlardır. Bu sayede düşük maliyetli bir kaynağa erişerek ucuz piyasalara kağıt ürünleri sunmuşlardır. Ancak o dönemin tüketicileri, geri dönüştürülmüş elyafı düşük kaliteyle ilişkilendirdiğinden, bu şirketler ürünlerinin geri dönüştürülmüş içeriklerini ön plana çıkarmamıştır. Günümüzde ise tüketicilerin

geri dönüştürülmüş ürün taleplerine yanıt veren bu şirketler, üretim hatlarına çevre dostu bir görünüm kazandırarak pazar paylarını artırmaktadırlar. Özellikle bürolarda uygulanan geri dönüşüm programlarından gelen kullanılmış atık kağıt arzındaki artışla birlikte, bu şirketler fabrikalarını yenileyerek bu yeni hammaddeleri işleyebilir hale gelmiştir. Böylece, çevre dostu ürünler sunan işletmeler olarak konumlanarak pazar paylarını genişletmişlerdir [3-4].

Sürdürülebilirlik

Bir şeyin sürdürülebilir olması, mevcut durumunu sürdürebilme ve kendini yenileyebilme yeteneği ile ilişkilidir. Bu bağlamda sürdürülebilirlik kavramı, gelecek nesillere çevresel, ekonomik ve sosyal koşulları devam ettirilebilir bir dünya bırakma amacı taşımaktadır [5].

Şirketler açısından sürdürülebilirlik, iş planlarına ekonomik, sosyal ve çevresel riskleri ve fırsatları dahil ederek hedeflerine ulaşmalarını sağlamaktadır. Bu süreç, uzun vadede şirket faaliyetlerinden etkilenen tüm paydaşlar (müşteriler, tedarikçiler, ortaklar, çalışanlar, kamu kurumları ve sosyal çevre gibi) için değer yaratma hedefini gütmektedir. Sürdürülebilir kalkınma, günümüz kuşaklarının ihtiyaçlarını karşılarken, gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılayabilme olanağından ödün vermeden gelişmeyi amaçlayan bir modeldir [5].

Sürdürülebilir kalkınma modeline dair tarihsel süreç aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1972: BM Stokholm Konferansı - Sürdürülebilir Kalkınma Kavramı

1992: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

1997: Kyoto Protokolü, GRI - Küresel Raporlama Girişimi (Global Reporting Initiative)

2000: BM Küresel İlkeler Sözleşmesi (UN Global Compact, UNGC)

2009: Sürdürülebilir Borsalar Girişimi (Sustainable Stock Exchanges Initiative, SSE)

2016: Paris Antlaşması

2021: Yeşil Mutabakat

Sağlam Metal'de Yeşil Performans

Sağlam Metal, operasyonel sürdürülebilirlik faaliyetlerinde hedef, atık yönetimi ile çevre kirliliğini önlemek, iklim değişikliği ile mücadele kapsamında emisyonları azaltmak, enerji ve su yönetimi gibi çevresel sorumluluk konularında verimliliği artırmaktır. Sahip olunan entegre yönetim sistemini içeren uluslararası standartlar ile doğal kaynakları koruma, enerjinin etkin ve verimli kullanımı, insana ve çevreye saygılı olma, atıkları azaltma, geri dönüşüm oranını artırma ile ilgili taahhütleri içeren Sağlam Metal politikası ISO 14001 Çevre Yönetim Sistem Standardı ile belgelendirilmiştir.

Enerjinin verimli kullanılması, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme ve üretilen ton/ürün başına düşen enerji miktarının azaltılması, Sağlam Metal'in belirlediği stratejik hedefler arasındadır. ISO 50001 Enerji Yönetim Standardı Sistem eğitimleri ve sistem kurulumları 2021 yılında tamamlanmıştır. 2022 yılında ISO 50001 hesaplamaları ve paralelinde gerçekleştirilen, 2021 yılı verilerine bağlı oluşturulan Enerji Etüt Raporu ilk olarak 2022 yılında yayınlanmıştır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayımlanan, atık yönetimi konusunda çevre, insan sağlığı ve kaynakların korunmasını hedefleyen Sıfır Atık Yönetmeliği şartlarını sağlayarak Sıfır Atık Belgesi alınmıştır.

Aynı zamanda atıkların geri dönüşümü, karbon ayak izinin azaltılması, sürdürülebilir ürünler ve çözümler, Yeşil Ar-Ge, çevre dostu teknolojiler konu başlıkları altında çalışmalar yapılarak, her geçen gün önemi daha da artan ‘Yeşil Dönüşüm’ konusuna katkı sunulmaya devam edilmektedir. Bu çalışmalar kapsamında ‘Güneşten üretilen ısı ve elektrikle desteklenen entegre kompresör atık ısı geri kazanım sistemi’ ve ‘Atık ısı geri kazanım sistemi’ başlıkları ile 2 adet patent başvurusu bulunmaktadır.

SONUÇ

Yeşil dönüşüm, modern dünyada giderek artan bir öneme sahip olmaktadır. İklim değişikliği, doğal kaynakların tükenmesi ve çevre kirliliği gibi sorunlar, artık yalnızca gelecekteki tehditler olarak değerlendirilmekte değil; günümüzde acil olarak ele alınması gereken meseleler haline gelmiştir. Küresel ısınmanın durdurulması ve doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi, sadece hükümetler ve uluslararası kuruluşların değil, aynı zamanda şirketlerin de üstlenmesi gereken önemli sorumluluklardır. Şirketlerin yeşil performansı, çevresel etkileri minimize etmenin ötesinde, iş dünyasında kalıcılıklarını ve rekabet avantajlarını belirleyen kritik bir faktör olmuştur.

Dünyanın yeşil dönüşüme verdiği önem, yalnızca bireylerin yaşam kalitesini iyileştirmekle kalmayıp, aynı zamanda sürdürülebilir ekonomik büyümenin de anahtarıdır. Şirketler için bu dönüşüm, yeni teknolojilere yatırım yapmayı, üretim modellerini dönüştürmeyi ve tedarik zincirlerini yeniden düzenlemeyi gerektirir. Bu değişimlerin kısa vadeli sonuçları maliyetli gibi görünse de uzun vadede bu adımlar, iş dünyasında rekabetçi olmanın ve ayakta kalmanın kaçınılmaz yolu olarak karşımıza çıkmaktadır. Sonuç olarak, yeşil performans, yalnızca çevresel bir gereklilik değil, şirketlerin sürdürülebilir geleceğini garanti altına alacak stratejik bir zorunluluktur.

Sağlam Metal San. Ve Tic. A.Ş tarafından yazılan 100 Soruda Yeşil Performans kitabında bildiri de bahsi geçen ve yeşil performans ile ilgili daha fazla terimin detaylı anlatımı yapılmış, KOBİ’ler için yol gösterici olması hedeflenmiştir. Kitapta yer alan 100 soru içinden seçilmiş konunun ana başlıklarını içeren sorular aşağıdaki gibidir;

- Yeşil Performans ta başarılı olan bir şirket ne tür avantajlara sahip olur?
- Değişim adına yola çıkan birçok şirket neden başarısız oluyor?
- Başarılı bir yeşil dönüşüm hareketinin adımları nelerdir?
- Değişimde Ar-Ge ve inovasyonun (yenilik ve gelişim) yeri nedir?
- KOBİ’ler Finansal engelleri nasıl aşar?
- İnovasyon tüneli nedir?
- Teknoloji Transferi nedir?

- Dijital dönüşüm nedir?
- Karbon Kaçağı (CarbonLeakage) nedir?
- Sınırdaki Karbon Düzenlemesi Mekanizması (SKDM) nedir?
- Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) nedir?
- Döngüsel Ekonomi nedir?
- “Atık Sonu” (End Of Waste) nedir?
- Endüstriyel Simbiyoz nedir?
- Beşikten kapıya mı? (Cradle-to-gate) Beşikten mezara mı? (Cradle-to-grave)

KAYNAKLAR

- [1] Koçak H., Özdemir Ç., ‘100 Soruda Yeşil Performans’, Bolokur Teknik Yayıncılık A.Ş., 2024.
- [2] İstanbul Sanayi Odası, <https://www.iso.org.tr/>, 04.06.2024.
- [3] Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri, <https://oaib.org.tr/>.
- [4] İzmir Kalkınma Ajansı, ‘Yeşil Büyüme’, <https://kalkinmasozlugu.izka.org.tr/>.
- [5] Dilek Aşan, ‘Sürdürülebilirlik Raporu’, <https://www.dilekasan.com/>.

**ÜSİ UYGULAMALARINI
KOLAYLAŞTIRICI MODEL VE
YAKLAŞIMLAR**

İnovasyon Odaklı Üniversite Sanayi İş Birliğinde Teknoloji Transfer Ofislerinin ve Teknoparkların Rolü: Çember Modeli

Batuhan Bilici, Atılım Üniversitesi

bilicibatuu@gmail.com

ÖZET

Bu çalışma, üniversite-sanayi iş birliğinin geliştirilmesinde teknoloji transfer ofisleri (TTO) ve teknoparkların oynadığı kritik rolü ele almaktadır. Türkiye'de TTO'lar ve teknoparklar, teknoloji transfer süreçlerinde köprü görevi görmektedir ve TÜBİTAK'ın 1513 programı gibi devlet destekleri ile güçlendirilmektedir. 6676 sayılı kanun ve Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanunu, Ar-Ge çalışmalarını teşvik ederken, 1306 Ar-Ge merkezi ve 101 Teknoloji Geliştirme Bölgesi kurulmuştur. Çalışmada "Çember Modeli" adı verilen yeni bir öneri geliştirilmiştir. Bu model, bölgelerin mevcut durum tespitini yaparak, sanayiye yönelik insan kaynağı yetiştirilmesini ve girişimciliğin teşvik edilmesini öngörmektedir. Üniversitelerin müfredatlarının sanayi ihtiyaçlarına göre şekillendirilmesi, yüksek lisans ve doktora programları ile sanayi personelinin eğitilmesi, bölgesel projelerin geliştirilmesi ve yerel kalkınma hedeflerine odaklanması gerektiği vurgulanmaktadır. Ayrıca, TTO'lar ve teknoparkların lisanslama, ticarileştirme, Ar-Ge projeleri ve girişimciliği desteklemesi gerektiği belirtilmekte, bölgeler arası iş birliği, konsorsiyumlar ve inovasyon alanlarının oluşturulmasının önemi vurgulanmaktadır. Bu süreçlerin sürdürülebilirliği için temel bilimlere vurgu yapılmakta ve uzun vadeli iş birliklerinin gerekliliği ifade edilmektedir. Bu model önerisinin uygulanmasında ve başarıya ulaşmasında bazı hedefleri benimsemek gerekmektedir. Bunları; istekli ve katılımcı sanayi kesimi, özverili ve yapıcı yaklaşım, esnek üniversite ve devlet desteği, üniversitelerde sanayi ağırlıklı proje yönetimi ve sektör ihtiyacının iyi anlaşılması olarak özetlememiz mümkündür. Çalışmamızda yöntem olarak, literatür taraması yapılmış ve dokümanlar analiz yönteminden yararlanılmıştır.

Anahtar kelimeler: üniversite sanayi iş birliği, teknoloji transfer ofisleri, çember modeli, inovasyon

GİRİŞ

Ülkemizde Teknoloji transfer ofisleri ve teknoparklar, teknoloji transfer sürecini ve bilgi teknolojilerini aktarmada önemli bir köprüdür. Ayrıca veri aktarma sürecinin verimliliğini sürekli entegre etmesi açısından da önemli rol oynamaktadır. TÜBİTAK 1513 kodlu Teknoloji Transfer Ofislerini Destekleme Programını 2012 tarihinde kabul etmiş, proje geliştirme, kamu-üniversite ve sanayi iş birliğini artırma, farkındalık ve bilgilendirme hizmetleri, Fikri Sınai ve Mülkiyet Hakları Yönetimi ve Ticarileşme hizmetleri gibi birçok modül bu program ile TÜBİTAK tarafından desteklenmeye başlamıştır. 26 Şubat 2016 tarihinde yürürlüğe giren 6676 sayılı "Araştırma ve Geliştirme Faaliyetlerinin Desteklenmesi Hakkında Kanun ile Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun" kapsamında Ar-Ge çalışmalarını teşvik edici, teknoloji transfer sürecini hızlandırıcı ve aynı zamanda temel taşları ortaya koyan süreç başlamıştır. Pek tabi üniversite Sanayi İş Birliği süreçlerinin oluşmasında Ar-Ge merkezleri ve Teknoloji Geliştirme Bölgelerinin önemli rolleri vardır. 4691 sayılı "Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanunu" ile ülke sanayisinin uluslararası rekabet edebilir ve ihracata yönelik bir yapı oluşturulması planlanmıştır. Bu kanun ile birlikte kurulan Türkiye genelinde 1306 Ar-Ge merkezi, 101 Teknoloji Geliştirme Bölgesi bulunmaktadır. Bu

merkezlerin veri entegrasyonu üniversite-sanayi iş birliğini geliştirmeye olanak sağlamaktadır. Ayrıca ülkemizde bölgeler arası projelerin geliştirilmesi ve kalkındırılması amacıyla 26 adet Kalkınma Ajansı bulunmaktadır. Teknolojik stratejilerin geliştirilmesi ve kamu - üniversite iş birliğinin sağlanması eylem planlarının güçlü olması Kalkınma Ajansları kontrolünde sağlanmaktadır. Kalkınma ajansları, üniversitelerin hazırladığı Ar-Ge projeleri için sanayi sektörünü etkileyecek biçimde finansman desteği sağlamaktadır (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı 2024-2028 Stratejik Planı). Geçmişten günümüze Üniversite – Sanayi İş birliği kapsamında birçok çalışma yapılmış ve çeşitli öneriler ortaya atılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, kamu kurumlarının, üniversitelerin, araştırma merkezlerinin ve sanayi çevresinin ortaya koydukları uygulamalar ön plana çıkarılmıştır. Bu araştırmalar ülkemizde üniversite – sanayi iş birliğinin yeteri kadar tesis edilemediğini ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşımın temelinde sanayinin üniversiteleri iyi tanımaması, ön yargı ile yaklaşması, üniversite müfredatlarının sanayiye yakın olmaması, mevzuat eksikliği gibi konular yer almaktadır. Mevcut durumda üniversite-sanayi iş birliği sağlanmasında ve nitelikli bir ilerleyiş sağlanmasında üniversitelerin mali olarak özerk olması önemlidir. Buradaki temel amaç, üniversitedeki bilimsel gelişmelerin sanayiye aktarılmasıdır. Buna bağlı olarak, üniversite akademisyenlerinin sanayi ile arasında karşılıklı bir ilişki kurulması önem kazanmıştır. Gelişen rekabetçi ve yenilikçi yaklaşımın sonucu olarak 3.Nesil Üniversite kavramının yanında Girişimci Üniversite kavramı da ortaya çıkmıştır. Bu model üniversite-sanayi-devlet iş birliğini esas alan bir sistem olarak öngörülmektedir. Sistemin ana hedefleri arasında uygulamalı eğitim ve araştırma faaliyetlerini yürüterek milli/bölgesel kalkınmayı hızlandırmak, proaktif ekonomik gelişmeyi sağlamak ve uluslararası bir marka haline gelmek olan dördüncü nesil üniversite modeli 3.Nesil Üniversite ve Girişimci Üniversitenin birleşimi yer alabilir. Bu kavramdan yola çıkarak oluşturulacak yeni model ile üniversite-sanayi iş birliği gelişim sağlayacaktır. Çember modelinde; ülkemizde üniversite – sanayi iş birliğine yönelik olarak bölgelerin mevcut durum tespitinin yapılması, girişimcilik teşvikinin hızlanması ve sanayiye yönelik elemanların yetiştirilmesi planlanmalıdır. Sanayi sektörünün teknolojik faaliyetleri gerçekleştirmesinde üniversiteler ile eğitim- müfredat modeli oluşturmalı, kendi bünyesinde bulunan personellere yüksek lisans veya doktora programı teşviki yapmalı, ülkenin kalkınma hedeflerinde bulunan öncelikli alanlar belirlenerek üniversiteler ile ortak proje hazırlığı yapılmalıdır. Akademisyen ve sanayi sektöründe bulunan firmaların eşleşmesinde proje fırsatları artırılmalı ve maddi katkılar sağlanmalıdır. Kamu destekli Ar-Ge projelerinde ticarileşmeye yönelik hedefler, üniversiteler ve sanayi sektörü ile paylaşılmalıdır. Kamuya personel alımında teknoloji transfer ofisleri için özel eğitilmiş istihdam teşvikleri uygulanmalı ve bölgesel istihdam sağlanmalıdır. Çember içerisinde yer alan az gelişmiş belediyeler ve kamu kurumlarının bünyesinde sanayiye ve üniversiteleri yönlendirebilecek, Ar-Ge desteği sağlayabilecek, proje yazma kabiliyeti olan, teknoloji transfer sürecine hâkim birimler kurulmalıdır. Yerel düzeyde belediyelerin kamu içerisinde araştırma merkezlerinin kurulması, bölgesel ihtiyaçların belirlenmesi ve sektörel deneyimler göz önüne alınarak Ar-Ge çalışmaları desteklenmelidir. Lisanslama ve ticarileştirme faaliyetlerinde çember oluşturacak TTO ve teknoparkların kendi bünyelerinde yer alan firmalara bu konuda destek olması önemlidir. Organize Sanayi Bölgeleri (OSB), sanayi sektörünün teknolojik çalışmalarının gelişmesinde üniversiteler ile iş birliği içindedir. Etkin bir biçimde sanayi sektörü ve üniversite iş birliğinde hem ulusal hem de bölgesel model ve mekanizmalar oluşturulmalı, kamu sektörü ve üniversiteler arasında koordinasyon kesintisiz ve etkin olmalıdır. Aynı zamanda sektöre erişim ve katılım konusunda üniversite ile iş birliği yapmak isteyen firmalar çember bölgeler aracılığıyla farklı şehirlerdeki üniversitelere ulaşabilmeli ve destek alabilmelidir. TTO ve teknoparklar yeni teknolojileri ve inovasyonu teşvik ederek bölgesel ve ekonomik kalkınmaya destek sağlamalıdır. Diğer şehirlerden ve bölgelerden gelen sanayi sektörü temsilcileri ve KOBİ'ler burada istihdam yaratacak ve ekonomik olarak bölgeye

katkı sağlayacaktır. Çember bölgelerde yer alan teknoloji transfer ofisleri ve teknoparklar diğer bölgelerde yer alan sanayi sektörü temsilcileri için eğitim programları oluşturabilir, kendi çalışma alanlarında bilgilendirme faaliyetlerinde bulunarak endüstri katılımı konusunda farkındalığı teşvik edebilirler. TTO'lar sektöre özgü sorunları veya fırsatları ele alan ortak araştırma projelerinin geliştirilmesine yardımcı olurlar. TTO'lar hem akademi hem de endüstriyi kapsayan konsorsiyumların veya araştırma merkezlerinin oluşturulmasını çember bölgede yer alan kurum ve kuruluşlardan isteyebilirler. Çember bölgelerde kuluçka ve inovasyon alanları oluşturularak hem girişimcilere hem de 'start-up'lara altyapı olanakları sağlanacaktır. Farklı şehirden gelen girişimci adayları burada yatırımcılar ile bir araya gelerek ekosisteme fayda sağlayacaktır. Sürdürülebilirlik noktasında ise temel bilimler kısmına vurgu yapılması gerekmektedir. Uzmanlık gerektiren alanlarda uzun vadeli iş birliklerinin yapılması da önemli bir adım olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda akademisyenlere proje yönetimi, konfigürasyon gibi dersler verilerek sanayi ile ortak proje yürütme konularında katkı sağlanabilir.

İnovasyon Odaklı Üniversite Sanayi İş Birliği

Üniversite-sanayi ekosisteminde milli hedeflerin sağlanması büyük önem taşımaktadır. Ar-Ge ve yenilikçi planlamalar çerçevesinde çeşitli kaynaklar geliştirilip etkin bir şekilde harekete geçirilecektir. Üniversitelerin nitelikli bilgi üretimi teşvik edilerek, Teknoloji transfer ofisleri nin ticarileşme süreçleri desteklenecektir (Dağlar, 2018). Bu doğrultuda, teknoloji tabanlı girişimcilik ve üçüncü nesil üniversite anlayışı sanayi ile entegre edilerek iş birliği geliştirilecektir. Ar-Ge ile ticarileşecek ürünlerin piyasaya sunulması için katma değeri yüksek üretim stratejileri belirlenecektir. Üniversite-sanayi iş birliği çerçevesinde geliştirilecek yüksek teknolojilerin ve milli katma değerlerin ticarileştirilmesi için ihracat odaklı çalışmalar yapılmalı, hem bölgesel hem de küresel rekabette karşılaşılabilecek sorunlara çözümler üretilmelidir. Bu sayede orta ve uzun vadede ithalat bağımlılığının azaltılması sağlanarak ülke sanayisinin dışa bağımlılığı azaltılacaktır (Kurt ve Yavuz, 2014). Ayrıca, üniversitelerin nitelikli insan kaynağı kapasitesinin artırılması bu süreçte kritik bir öneme sahiptir. Nihai hedef, Ar-Ge çalışmaları sonucunda ortaya çıkan bilginin üretime aktarılması için üniversiteler, teknoparklar ve Ar-Ge merkezlerinin sanayi ile iş birliği yapacağı güçlü bir ekosistemin oluşturulmasıdır. Üniversite-sanayi iş birliği konusunda geçmişten günümüze pek çok çalışma yapılmış ve çeşitli öneriler sunulmuştur (Kılıç ve Ayvaz, 2011). Bu çalışmaların sonucunda, hem kamu kurumlarının hem de özel sektörün, üniversitelerin, araştırma merkezlerinin ve sanayi çevresinin ortaya koyduğu uygulamalar ön plana çıkmıştır (Kurt ve Yavuz, 2014). Ancak bu araştırmalar, Türkiye'de üniversite-sanayi iş birliğinin yeterince güçlü bir şekilde tesis edilemediğini ortaya koymaktadır. Bu durumun temel nedenleri arasında sanayinin üniversiteleri yeterince tanımaması, önyargılı yaklaşması, üniversite müfredatlarının sanayi ihtiyaçlarına uygun olmaması ve mevzuat eksiklikleri yer almaktadır. Türkiye'de, üniversitelerin insan kaynağı yetiştirme görevini yerine getirme çabaları sürerken, sanayinin bu sürece mali kaynak ayırması, üniversitelerin çalışmalarını daha ileriye taşıyacaktır. Günümüzde üniversite-sanayi iş birliğinin başarılı bir şekilde sürdürülmesi ve ilerleme kaydedilmesi için üniversitelerin mali olarak özerk olmaları gerekmektedir (Bayrak, 2021). Temel amaç, üniversitelerdeki bilimsel gelişmelerin sanayiye aktarılmasıdır. Bunun için üniversite akademisyenleri ile sanayi temsilcileri arasında karşılıklı bir ilişki kurulması oldukça önemlidir. Hiç şüphesiz, üniversiteler bilgi ve teknoloji transferini gerçekleştirebilecek en önemli kurumlardır (Berber, 1999). Bu iş birliğinin sağlanmasında teknoloji transfer ofislerinin etkinliğinin artması büyük bir hız kazandırmıştır. Son 20 yıllık süreçte, Ar-Ge çalışmalarının artmasıyla birlikte sanayi iş birliğinin, teknoloji transfer ofisleri nin varlığı sayesinde somut bir şekilde güçlendiği görülmektedir. Ancak, ülkemizde üniversite-sanayi iş birliğine yönelik

olarak, bölgelerin mevcut durum analizinin yapılması, girişimciliğin teşviki ve sanayiye yönelik eleman yetiştirilmesi konularında yetersizlikler bulunmaktadır (Kurt ve Yavuz, 2014). Mevcut duruma bakıldığında, Türkiye’de girişimci üniversite yapısının yeterli düzeyde olmadığı ve teknoloji transfer ofisleri ile teknopark yapılanmalarının sınırlı kaynaklarla bu işlevi yerine getirmeye çalıştığı bilinmektedir (Kılıç ve Ayvaz, 2011). Ayrıca, firmaların akademik literatüre yeterince hakim olmaması da iş birliğinin önündeki engellerden biridir (Dağlar, 2018). teknoloji transfer ofisleri, üniversitelerde gerçekleştirilen bilimsel ve teknolojik yeniliklerin ticarileşmesini, fikri sınai mülkiyet haklarının korunmasını ve bu yeniliklerin sanayinin ihtiyaçlarına göre yönlendirilmesini sağlamak amacıyla oluşturulan kritik mekanizmalardır (Bayrak, 2021). TTO'lar, üniversitelerde üretilen bilginin ve teknolojinin sanayi ile buluşmasını sağlayarak, akademik araştırmaların ticari ürünlere ve ekonomik faydaya dönüşmesini hedeflemektedir. Bu süreç, üniversite-sanayi iş birliğini güçlendirerek, Ar-Ge faaliyetlerinin somut çıktılara dönüştürülmesini hızlandırmaktadır (Kurt ve Yavuz, 2014). TTO'ların amaçlarına daha yakından bakıldığında, temel işlevlerinin üniversite ve sanayi arasında köprü kurmak, akademisyenleri sanayi temsilcileri ile buluşturmak, Ar-Ge çalışmalarına destek sağlamak ve bu çalışmalar sonucunda ortaya çıkan ürünlerin patent, lisanslama gibi süreçlerinde yol göstermek olduğu görülmektedir. Üniversitelerde geliştirilen yeni teknolojilerin ticarileşmesi ve FSMH'lerinin korunması, ekonomik kalkınma açısından büyük önem taşımaktadır (Bayrak, 2021). Bu bağlamda, TTO'lar hem sanayi hem de üniversiteler için stratejik birer iş birliği noktasıdır. TTO'lar, üniversiteler, sanayi kuruluşları ve kamu sektörü arasında yakın bir iş birliği ağı kurarak bilgi transferini etkin bir şekilde sağlamayı amaçlar. Üniversite-sanayi iş birliği çerçevesinde geliştirilen teknolojilerin, bilgi birikimlerinin ve yenilikçi çözümlerin sanayiye entegre edilmesi, ulusal ve uluslararası rekabet gücünü artırıcı bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu transfer süreci, bilimsel araştırma kurumlarının, endüstri kuruluşlarının ve kamu sektörünün ortak çalışmalarıyla mümkün kılınmakta ve TTO'lar bu iş birliğinin anahtar rolünü üstlenmektedir. TTO'ların bir diğer önemli misyonu, teknoloji ve bilgi birikimini katma değer yaratan unsurlara dönüştürmektir (Dağlar, 2018). Bu süreç, sadece mevcut teknolojilerin sanayiye entegrasyonu ile sınırlı kalmamakta, aynı zamanda yeni ürünler, uygulamalar, üretim süreçleri, makineler ve sistemler geliştirilmesine de zemin hazırlamaktadır. Know-how transferi, tasarım ve üretim yöntemlerinin geliştirilmesi gibi kritik süreçlerde TTO'lar, bilimsel bilginin ekonomik yarara dönüştürülmesini sağlayan bir yapı olarak faaliyet göstermektedir. Bu yapı, üniversiteler ile sanayi arasında oluşturulacak güçlü bir ekosistemin temel taşlarını oluşturmaktadır.

Çember Modeli ve Yol Haritasının Belirlenmesi

Çember Modeli, üniversite, sanayi, teknoloji transfer ofisleri ve teknoparkların birbirleriyle sürekli ve döngüsel bir etkileşim içinde bulunduğu bir iş birliği modelidir. Bu çemberin oluşturulabilmesi için birkaç adımda nasıl şekillendirileceği üzerine yol haritasını aşağıdaki adımlar ile belirleyebiliriz;

1. Aktörlerin belirlenmesi ve sürekli iletişim

Üniversiteler, Araştırma ve bilgi üretimi merkezidir. Temel bilimsel araştırmalar, teknolojik yenilikler ve bilgi birikiminin kaynağını oluşturur. Sanayi, üniversitelerde geliştirilen teknolojilerin ve bilgilerin ticarileştirilmesi ve piyasaya sunulması sürecinde yer alır. Sanayi aynı zamanda, üniversitelerden gelen yeniliklerin hangi alanlarda uygulanabileceğine dair geri bildirim sağlar. Teknoloji transfer ofisleri , Üniversite ve sanayi arasındaki köprüyü oluşturan birimdir (Kocabaş ve Alpaydın, 2018). Fikri mülkiyet yönetimi, patent başvuruları, lisanslama

ve iş geliştirme süreçlerini yönetir. Teknoparklar: Bu ekosistemin fiziksel altyapısını sağlar. Teknoparklar, akademik girişimler ve Ar-Ge faaliyetlerinin geliştiği, sanayi ile etkileşim içinde olduğu alanlardır. Burada üniversite ve sanayi arasındaki iş birlikleri somut projelere dönüşür. Sürekli iletişim ve etkileşim ise düzenli toplantılar, TTO'lar aracılığıyla düzenlenen sanayi günleri, iş birliği forumları ve proje tanıtım günleri, üniversiteler ve sanayi arasında sürekli bir diyalog kurulmasını sağlar (Cengiz, 2014). Geribildirim Mekanizmaları, üniversitelerden çıkan bilgi ve teknolojilerin sanayide uygulanabilirliği üzerine geribildirim mekanizmalarının oluşturulması gerekir. Bu, inovasyon süreçlerinin daha verimli olmasına katkıda bulunur.

2. Bilgi ve teknoloji akışı

Üniversitelerden sanayiye akış, üniversitelerde üretilen bilimsel bilgi ve teknolojiler, TTO'lar aracılığıyla sanayiye aktarılır. Bu süreçte sanayi ihtiyaçları belirlenir ve araştırmalar bu doğrultuda şekillendirilir. Sahadan geri bildirim, sanayi, üniversitelerden gelen teknolojilerin ticarileşebilirliği konusunda geri bildirim verir ve bu geri bildirim, akademik çalışmaların daha uygulanabilir ve pazarlanabilir hale getirilmesine katkıda bulunur (Alkan, 2014). Teknoparkların rolü, teknoparklar, Ar-Ge faaliyetleri için uygun ortamlar sağlayarak, üniversitelerde geliştirilen teknolojilerin sanayi ile entegrasyonunu hızlandırır. Akademik girişimciler burada sanayiyle iç içe çalışarak, projelerini ticarileştirme fırsatı bulurlar.

3. Proje geliştirme süreçleri

Ortak Ar-Ge projeleri, Üniversiteler ve sanayi, TTO'lar tarafından organize edilen Ar-Ge projelerinde bir araya gelir. Bu projeler, genellikle sanayinin ihtiyaçlarına göre şekillendirilir ve üniversitenin bilgi birikimiyle desteklenir (Alkan, 2014). Girişimcilik ve start-up destekleri, teknoparklarda yer alan kuluçka merkezleri, akademik girişimcilere destek sunar. Çember Modeli'ndeki girişimcilik unsuru, yenilikçi fikirlerin sanayiye ulaşmasını ve ölçeklenmesini sağlar (Kurt ve Yavuz, 2014).

4. Finansman ve destek mekanizmaları

TÜBİTAK, KOSGEB, Avrupa Birliği Fonları ile çember modeli'nde yer alan projelerin finansmanı için hem ulusal hem de uluslararası destekler sağlanmalıdır. TTO'lar, bu fon kaynaklarının bulunmasında önemli bir rol oynar (Oğuztürk, 2004). Yatırımcılarla İş Birliği ile birlikte teknoparklarda yer alan start-up'lar ve Ar-Ge projeleri, özel sektörden yatırımcılar ve risk sermayesi şirketleriyle buluşturulabilir. Bu, projelerin ticarileştirilme potansiyelini artırır.

5. Eğitim ve farkındalık

Üniversite-Sanayi İş Birliği eğitimleri ile Üniversiteler, öğrencilerine ve akademisyenlerine sanayiye iş birliği yapmanın yolları hakkında eğitimler sunmalıdır. Böylece, sanayinin ihtiyaçlarına yönelik projeler geliştirebilme kapasitesi artırılır (Oğuztürk, 2004). Sanayiye yönelik eğitimler de ise sanayi kuruluşları da üniversitelerdeki son teknolojik gelişmeler ve iş birliği fırsatları hakkında bilgilendirilmelidir. Bu, iş birliği fırsatlarının farkındalığını artıracaktır.

6. Çember Modeli'nin ölçülmesi ve iyileştirilmesi

Başarı göstergelerine baktığımız zaman ticarileşen projelerin sayısı, yapılan lisans anlaşmaları, patent başvuruları gibi metriklerle iş birliği performansı ölçülmelidir ve gerekli iyileştirilmeler sağlanmalıdır (Değerli ve Tolon, 2016).

SONUÇ

Sonuç olarak, üniversite-sanayi iş birliğinin güçlendirilmesinde teknoloji transfer ofisleri ve teknoparklar kritik bir rol oynamaktadır. Bu yapılar, bilgi ve teknoloji transferini sağlarken bölgesel kalkınmayı ve ekonomik gelişmeyi teşvik etmektedir. TÜBİTAK 1513 programı ve 6676 sayılı yasa gibi destekleyici mevzuatlar, Ar-Ge faaliyetlerini hızlandırmak ve teknoloji transfer süreçlerini iyileştirmek amacıyla hayata geçirilmiştir. Bu çalışma, üniversitelerin sanayi ile daha etkin iş birliği yapabilmesi için müfredatlarının ve eğitim modellerinin sanayi ihtiyaçlarına göre düzenlenmesini, yüksek lisans ve doktora programlarıyla sanayi personelinin eğitilmesini ve bölgesel kalkınma hedefleri doğrultusunda ortak projelerin geliştirilmesini önermektedir. Ayrıca, TTO'lar ve teknoparkların girişimcilik ve inovasyonu teşvik ederek, hem yerel hem de ulusal ölçekte sanayi ile iş birliğini güçlendirmesi gerektiği vurgulanmıştır. Çember modeli ile sanayi ve üniversiteler arasındaki iş birliği daha sistematik hale getirilerek, bölgesel farkındalık artırılacak, ekonomik kalkınma desteklenecek ve girişimcilik ekosistemine katkı sağlanacaktır. Bu modelin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için, üniversiteler, sanayi ve devlet arasında esnek ve proaktif bir iş birliği yapısı kurulmalı, sanayi odaklı projeler teşvik edilmeli ve uzun vadeli iş birlikleri hayata geçirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı 2024-2028 Stratejik Planı.
- Kurt, Ü., & Yavuz, M. (2014). Üniversite-Sanayi İşbirliği: Dünü, Bugünü, Geleceği. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17(1), 50-57.
- Bayrak, A. (2021). “Sektörel bakış: Üniversite-Sanayi iş birliği üzerine bir değerlendirme”, Erciyes Akademisi, 35 (2), 386-396.
- Kılıç, A. & Ayvaz, Ü. (2011). “Üniversite-Sanayi-Devlet İş Birliğinin Sağladığı Teknoparklar ve Teknoloji Transferi İş Birliklerinde Mevcut Durum”, Savunma Bilimleri Dergisi, 10 (2), 58-79.
- Berber, Ş. (1999). “Teknoloji Transferinde Eğitimin Yeri ve Önemi”, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi, 1 (3), 17-28.
- Dağlar, H. (2018). “Kamu üniversitesi sanayi iş birliği ve bölgesel kalkınma-Tr82 bölgesi örneği”, Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi. 8 (2), 305-329.
- Cengiz, E. (2014). “Üniversite-Sanayi İş birliği Üzerine Değerlendirmeler”, Yükseköğretim Dergisi, 4 (1), 1-8.
- Değerli, M. ve Tolon, M. (2016). “Teknoloji Transfer Şirketleri için Kritik Başarı Faktörleri”, Bilişim Teknolojileri Dergisi, 9 (2), 197-210.
- Alkan, RM (2014). “Üniversite-Sanayi İş birliği için Bazı Öneriler”, Yükseköğretim Dergisi, 4 (2), 61-68.
- Oğuztürk, Lisans (2004). “Türkiye’de Uygulanan Teknoloji Politikaları”, Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi, 2 (2), 100-105.
- Kocabaş, C. & Alpaydın, Y. (2018). “Üniversite-Sanayi İş birliği Bağlantısında Teknoloji Geliştirme Bölümlerinin Misyon ve Vizyonlarının İncelenmesi”, Yükseköğretim ve Bilim Dergisi, (2), 368-377.

Ar-Ge De Stratejik Planlama

İmren Meydan, Petro Yağ Sanayi ve Kimyasalları San. ve Tic.

imren.meydan@petroyağ.com

ÖZET

Stratejik planlama, bir işletmenin gelecekte başarılı olması için üst yönetim tarafından geleceğin tasarlanması, gerekli prosedür ve operasyonların geliştirilmesi süreci¹ olarak tanımlanabilmektedir. Bu çerçevede stratejik planlama işletme planlarının en tepesinde yer almakta olup işletme sahip ve yöneticilerinin işletmeden beklentilerine ve işletme amaçlarının belirlenmesine kılavuzluk etmektedir. Stratejik planlama işletmelere sürdürülebilir rekabet üstünlüğü sağlamakla birlikte başarı sağlamanın tek yolu olarak görülmemelidir. İşletmelerin stratejik planlamadan fayda sağlayabilmesi işletme içinde ortak bir anlayışı yansıtmasına ve bu sürece işletme içi ve dışından tüm paydaşların katılımına bağlı olmaktadır.

Stratejik yönetim işletmenin gelecekte yer alacağı pozisyonu belirlemeye yönelik süreci kapsamaktadır. Stratejik yönetim planlama, örgütlenme, yürütme, denetim gibi temel yönetim işlevlerini ortadan kaldırmamaktadır. Stratejik yönetim üst yönetimin ilgilendiği özel bir yönetim tarzı olup örgütün dış çevresiyle ilgili teşhis ve çözümlemeleri kapsar ve işletmenin gelecekte nerede olacağı ile ilgili sorulara cevap verir. Bu çerçevede stratejik yönetim, işletmenin dış çevresiyle olan ilişkilerinin düzenlenmesi ve örgütsel yönünün belirlenmesiyle hedeflenen noktaya ulaşmak için yapılacak işlerin planlanması, örgütlenmesi, koordinasyonu ve kontrol edilmesi süreci olarak tanımlanabilmektedir². Stratejik Planlama Süreçlerinin Değerlendirilmesi ve İşletmelerin Stratejik Planlamaya Yaklaşımlarının Analizi Stratejik yönetim, stratejik planlama ve denetim süreçlerini içinde barındırmakta olup işletmenin bulunduğu nokta ile hedeflediği nokta arasındaki yolu ifade etmektedir. İşletmenin amaçlarını, hedeflerini ve bunlara ulaşmayı mümkün kılacak yöntemlerin belirlenmesini gerektirir ve uzun vadeli, geleceğe dönük bir bakış açısı taşır. İşletmelerin uzun dönemli amaç ve hedefleri ile işletme önceliklerinin hazırlanmasını, kaynak tahsisinin de bu önceliklere göre yapılmasını ve sonunda da hesap verme sorumluluğunu içermektedir.

Anahtar kelimeler: strateji, rekabet, planlama, süreç

GİRİŞ

Küreselleşmenin dünya ekonomisi üzerindeki en önemli etkisi rekabetin küresel düzeye taşınmasıdır. İşletmeler artık sadece ülkelerindeki rakipleriyle değil, aynı zamanda başka ülkelerdeki işletmelerle de rekabet etmek zorunda kalmaktadır. Bu durum işletmelere, maliyetlerini küresel rakiplerinin altına düşürme ve stratejilerini küresel düzeyde planlama zorunluluğu getirmektedir.

İşletmelerin küreselleşen rekabet ortamına uyum sağlayabilmeleri için değişime ayak uydurmaları gerekmektedir. Çünkü sadece değişimi kabullenen ve örgüt yapılarının gelişimi için sürekli değişim uygulayan işletmeler varlıklarını devam ettirebilmektedir. Artan rekabet ortamında işletmelerin rakipleriyle etkili mücadele etmesi ürünlerini, hizmetlerini ve üretim yöntemlerini sürekli olarak değiştirmeleri ve yenilemeleri ile mümkün olmaktadır. Küreselleşen rekabet tüm örgütlerin yönetim ve üretim anlayışlarında tamamıyla yeniden düşünmeyi gerektirmektedir. İşletmelerde yapılacak yeniden yapılanma çalışmalarında örgütün bütünsel

olarak değişime hazır olması ve çalışanların değişime uyumu büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, yeniden yapılanma sadece günlük süreçlerin geliştirilmesine odaklanmanın yanı sıra çalışanların işle ilgili tutum ve davranışları üzerinde de durmalıdır. Yeniden yapılanma işlerin en uygun hangi şekillerde birleştirileceğini, eleneceğini, uygulanacağını ve yenileneceğini bulabilmektir. Bu kadar radikal bir değişim ancak yaratıcılık, inovasyon ve araştırmayla mümkün olacaktır³.

Rekabet gücünü belirleyen temel faktör AR-GE ve inovasyon kaynaklı yüksek ve sürdürülebilir verimlilik artışıdır. Teknolojik yenilikler, rekabet yapısında ve ürün ve süreçlerdeki değişimlerin yanı sıra piyasalarda da değişikliğe neden olabilmektedir. Rekabet gücü elde etmek; küresel düzeyde bir rekabet stratejisine sahip olmayı, kalifiye işgücüne yatırım yapmayı, yenilik faaliyetlerini devam ettirmeyi ve müşterilerin istek ve ihtiyaçlarına uygun ürünleri rakiplere kıyasla daha hızlı bir şekilde piyasaya sürmeyi gerektirmektedir⁴.

Yaratıcılık yeni teknolojilerin ortaya çıkmasına, uygulanabilir yeni teknolojiler rekabet gücünün artmasına, rekabet gücü kârlılığın artmasına, kârlılığın artması ise yaratıcılığın artmasına neden olur. Rekabet kavramı ile birlikte düşünüldüğünde, yaratıcılık piyasa tarafından kabul görecektir teknolojileri geliştirebilmeyi ve zamanında pazara sokabilmeyi de içermektedir.

Günümüzde teknolojik gelişmeler, globalleşme, ürün yaşam süresindeki farklılaşma, müşteri beklentilerinde artış, istikrarsız ekonomi ve yasal değişiklikler ile arzın talebin önüne geçmesi sonucu oluşan rekabet koşulları üretim ve yönetim sistemlerinde değişikliklere yol açmış, fonksiyonel yapının sorgulanmasına neden olmuştur. Rekabetçi iş dünyasında değişimi öğrenmek, planlamak ve uygulamak bir organizasyonun uzun vadede yaşamını sürdürmesi için en yüksek öncelik haline gelmiştir. Artık firmalar kendi bünyelerindeki faaliyetlerin katma değer yarattığı, esnek ve hızlı davranıldığı, tüm sosyal paydaşların dikkate alınarak özellikle müşteri odaklı olarak çalışıldığı yapılar kurmaya çalışmaktadırlar.

Fonksiyonel yapıların ortaya çıkardıkları genel olumsuzluklara baktığımızda karşımıza, fonksiyonel amaçların şirket hedeflerine üstünlük sağlaması, kaynakların israf edilmesi, karar alma ve esnek davranabilmede zorluklar oluşması, fonksiyon görevleri dışında iş üretme isteksizliğinin oluşması gibi sorunlar çıkmaktadır.

Bu olumsuzlukların en aza indirilmesi amacıyla Süreç Yönetimi yaklaşımı gündeme gelmiştir. Bu yaklaşım çerçevesinde şirketler, tüm faaliyetlerinin özünü oluşturan temel süreçleri tespit etmekte ve bu temel işlevlerin en mükemmel şekilde gerçekleştirilmesi, çalıştırılması için yapılması gerekenleri ortaya koymaktadırlar. Bu kapsamda süreçlerin en etkin şekilde çalıştırılması için tüm ilgili birimlerin dahil edileceği ekipler kurulup, esnek, hızlı ve etkin çalışabilecek, sürekli iyileştirmeler yapacak sistematik bir yapı kurulmaktadır⁵.

STRATEJİK PLANLAMA BASAMAKLARI

Süreç Yönetimi

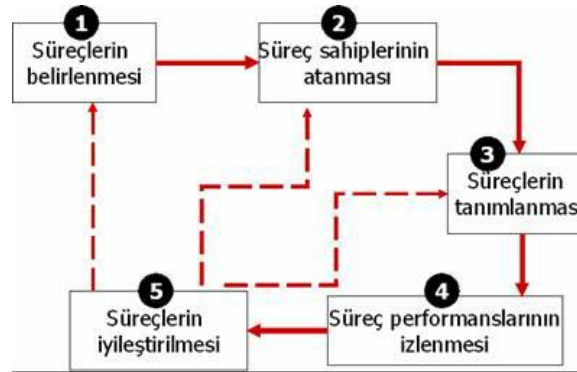
Süreçlerin sürekli ve düzenli olarak izlenmesi ve geliştirilmesini garanti altına almak için yapılan faaliyetler dizisi süreç yönetimidir. Süreç yönetimi, süreçlerin bugün nasıl çalıştığını anlamak ve iyileştirebilmek için şirketin tüm süreçlerinin belirlenmesi, tanımlanması, belgelenmesi, sorumlularının atanması, tedarikçilerinin, müşterilerinin, müşteri ihtiyaçlarının belirlenmesi, düzenli olarak süreç performans göstergelerinin izlenerek değerlendirilmesi ve

gerektiğinde küçük iyileştirmelerin yapılmasını içeren faaliyetlerin tümü şeklinde tanımlanabilir⁶.

Süreç yönetimi, organizasyonun amaçlarının belirlenmesi, tarifi ve süreçlerin bunları destekler şekilde tasarımı üzerine yoğunlaşmıştır. Etkililik ve verimlilik her zaman temel amaçtır. Genel olarak bir işletme içinde süreçler, katma değer sağlamak için kontrollü şartlar altında planlanır ve gerçekleştirilir. Süreç yönetimi ile tasarlanmış sürecin uygulanması sağlanır. Süreç yönetimi ile süreçlerin gerçekte nasıl çalıştığı, işlediği açıklanır, sürecin sonuçlarını gösteren performansı, sürekli ve düzenli olarak izlenir ve performansın iyileştirmesi için gerekirse sürecin işleyiş biçimi yeniden tasarlanır⁷.

Geleneksel organizasyonlarda, çoğu zaman süreçler tanımlanmamakta ya da tanımlanmış süreçler iş akışı şeklinde ana hatlarıyla, detay içermeyen bir yapıda verilmektedir. Dolayısıyla, analizlerde geleneksel organizasyonlardaki süreçlerin performansının ölçümleri yapılmamakta, yapıldığı durumda da yeterliliği, doğruluğu ve amaca uygunluğu tartışma yaratmaktadır. Bu yönetim şeklinde, süreçlerin kapsam ve tanımlamaları net olarak yapılamadığı için, yönetimleri de bir standart dahilinde gerçekleştirilememektedir⁸.

Fazladan, hatalı veya katma değeri olmayan işlerin yapılması; çevrim süresinin veya işlem zamanının uzaması, hatalı çıktılar gibi süreç sorunları ve müşteri memnuniyetsizliği yaratır. Süreçlerin iyi yönetilmesi, bu aksamaları engeller. Süreç yönetimi ile kuruluşlarda, bir kültürel değişimin olması kaçınılmazdır. Buna neden ise; süreç yönetimi ile işlerin artık alışlagelenden farklı şekilde yapılmaya başlanmasıdır⁸.



Şekil 2. Süreç yönetim döngüsü (Coşkun F., 2008⁵).

İşletmeler artık fonksiyonel yapının aksine müşterilerini fonksiyonlarla değil, süreçler sayesinde tatmin etmektedir. Bu nedenle fonksiyonel bakış açısından kurtulmak ve bölüm veya departman açısından bakmak yerine, iş ve işin akışı dikkate alınmalıdır. Süreç yönetimi ve iyileştirilmesi sayesinde işletmelerde iş akışı kontrolleri daha esnek hale gelebilmektedir. Fakat burada amaç sadece süreçleri yönetmek değil, ürün ve hizmetlerin üretiminde istenen değeri yaratmalarını sağlaması için daha yalın bir hale getirerek iyileştirmeleri de sağlamaktır.

Süreç yönetiminde süreçlerin iyileştirilmesi ve yeniden yapılandırılması sonrasında sürecin devamlılığının ve istikrarının sağlanması performans ölçütlerindendir. Bunun için süreçler belirlenmeli, sahiplendirilmeli, tanımlanmalı, süreç performans parametreleri ölçülmeli, gözden geçirilmeli ve süreçler daha etkin bir işleyiş için iyileştirilmelidir⁵.

Süreçlerle Yönetim

Süreçlerle yönetim, bir yönetim anlayışını ve yapısını ifade etmektedir. Bir başka şekilde ifade edilirse süreçlerle yönetim, yönetim işini süreçlere odaklanarak yapmak anlamına gelmektedir. Bu anlayışın uygulanabilmesi de yeni yönetim ilkelerine uygun bir yapısal dönüşümü gerektirebilir. Bu dönüşüm için gerekli en önemli husus ise kurum kültürünün süreç yönetimi yapısına uygun hale getirilmesi olarak düşünülebilir.

Geleneksel yönetim anlayışından süreçlerle yönetim anlayışına geçişin amacı organizasyonların değişimle baş edebilecek becerileri geliştirebilmesine ve bu becerileri ortamın gerektirdiği hızda uygulayabilme yeteneğini kazanmasına olanak sağlayacak bir yapıya kavuşturulması olabilir⁹. Bütün faaliyetler sistematik olarak süreçlerle yönetilmektedir. Süreçler anlaşılmış ve sahipleri belirlenmiş olmalıdır. Önlemeye yönelik iyileştirme faaliyetleri ile ölçüm ve istatistik tüm çalışanların günlük yaşamına entegre olmalıdır. Yönetim sisteminin temelini veriler, ölçüm ve bilgi sistemi oluşturmaktadır¹⁰.

Stratejilerle Yönetim Sistemi çerçevesinde belirlenen stratejiler, örgütün amaçları yönünde ilerlerken değişimle baş etmek için ne yönde hareket edeceğini gösterir. Şirketlerin başarılı olması ve amaçlarına ulaşabilmesi için bu stratejilerin hayata geçmesi çok önemlidir. Dolayısıyla stratejilerin hayata geçip geçmediğini, stratejiler doğrultusunda ilerlenip ilerlenmediğini gösterecek araçlara ihtiyaç vardır. Bu araçlar göstergelerdir. Bir başka açıdan bakılacak olursa stratejilerin hayata geçmesini, stratejiler doğrultusunda ilerlememizi sağlayan süreçlerin ne derece etkin belirlendiği, tanımlandığı veya kullanıldığı göstergeler aracılığıyla izlenir. Dolayısıyla stratejilerin hayata geçirilmesini sağlamak için Süreç Yönetimi içinde süreçlerin yeniden belirlenmesi, tanımlanması ve yapılandırılması gerekebilir ve buna paralel olarak göstergelerin hedeflerinin belirlenmesi ve sürekli gözden geçirilerek yeniden şekillendirilmesi faaliyetleri gerçekleştirilir.

Sonuçta Stratejilerle Yönetim şirketlerin ne yönde hareket edeceklerinin belirlenmesini ve stratejilerin sürekli gözden geçirilerek yeniden şekillendirilmesini sağlar. Bu yön doğrultusunda nasıl ilerleneceği, stratejinin hayata nasıl geçirileceği sorularının cevabı süreçlerdir. Süreç Yönetimi amaçlar doğrultusunda ilerlemeyi sağlayacak stratejileri hayata geçirecek mekanizmaların, yani süreçlerin belirlenmesi, tanımlanması ve sürekli gözden geçirilerek yapılandırılması çevrimidir. Süreç Yönetimi yaklaşımı Stratejilerle Yönetim ile sıkı bir ilişki içindedir⁵.

1991 yılında, performanslarını artırmak isteyen kuruluşlara yardımcı olmak amacıyla, EFQM (European Foundation for Quality Management: Avrupa Kalite Yönetim Vakfı), dokuz kriterden oluşan bir Mükemmellik Modeli geliştirmiştir. Yenilikçilik ve öğrenmeyi temel alan Mükemmellik Modeli; beşi girdi, dördü de sonuçlardan oluşan toplam dokuz kritere sahiptir. Girdi kriterleri kuruluşların faaliyetlerini, sonuç kriterleri ise kuruluşların gerçekleştirdiği işleri göstermektedir. Girdi kriterleri; liderlik, çalışanlar, politika ve strateji, işbirlikleri ve kaynaklar ile süreçler kriterlerinden oluşmaktadır. Sonuç kriterleri ise; çalışanlarla ilgili sonuçlar, müşteriler ile ilgili sonuçlar, toplum ile ilgili sonuçlar ile temel performans sonuçlarından oluşmaktadır.

Süreç İyileştirme ve Geliştirme

Süreç iyileştirme, sürecin performans düzeyinin artırılmasıdır. Süreç performansı, sürecin daha önceden tanımlanmış olan amaçlarına ulaşması için kendisine tahsis edilen kaynakları kullanma düzeyi ile ilgilidir. Yapılan iyileştirme çalışmalarıyla sürecin performansı arttıkça, yeniden işleme ve israf azalacağı için süreç daha hızlı işleyecek ve çevrim süresi kısıllacaktır⁹. Böylece; süreci değiştirerek onun daha etkin, verimli ve uyumlu olmasını sağlar. Süreç iyileştirme,

organizasyonun süreçlerin işleyişindeki yolu önemli bir derecede geliştirmek için kullanacağı sistematik bir yöntemdir. Süreç iyileştirme var olan sürece küçük, etkili ve etkin adımlarla giderek artan bir gelişim sağlamaktır. Bir başka ifade ile süreçlerin belirlenmesi, tanımlanması, performansının sürekli izlenmesi ve gerektiğinde iyileştirme yapılması stratejik yaklaşımdır.¹¹

Süreç performansını geliştirmede, iyileştirmede temel amaç, gereksiz ve katma değer katmayan işlem basamaklarının atılarak, süreçlerin sadeleştirilmesidir. Bu anlayışın gerçekleştirilebilmesi için de; süreçler sürekli olarak sorgulanmakta, tanımlanmakta, değişkenlikleri ölçülmekte, değişkenliklerin normal olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmakta ve gerektiğinde düzeltici işlemler uygulanarak süreçler iyileştirilmektedir. Böylece sonuç odaklı bir yönetim anlayışı yerine, süreç odaklı bir anlayışın sisteme hakim kılınmaya ve sıfır hatalı üretim hedefine ulaşmaya çalışılmaktadır.⁸

Süreç iyileştirme çalışmalarına başlanırken mevcut durumdaki sorunlar ya da başarısızlıklar için süreç çalışanlarının suçlanmaması çalışmaların başarısı açısından son derece önemlidir. Genellikle sorun çözme yaklaşımında sorunun ana nedeni anlaşılmayabilir. Ana neden ortaya çıkartılmadan iyileştirme çalışmalarının yapılması, beklenenin tam tersi bir etki yaratabilir.⁶

Süreç iyileştirme çalışmalarında ister köklü bir değişiklik isterse küçük değişiklikler yapılsın çalışmaların başlangıcında performans düzeylerinde düşüklükler gözlenebilir. Bunun; çalışanların direnci, yapılan uygulamanın yeni olması kaynaklı alışma süreci, uygulamadaki eksiklikler gibi çeşitli nedenleri olabilir. Burada önemli olan nokta üst yönetim ile birlikte çalışmalara tam destek sağlanıp, uygulamayı tek seferlik bir çalışma olmaktan çıkartıp sürekli iyileşmenin hedef alındığı hale getirmektir.¹²

Süreç iyileştirme çalışmalarını yapabilmek için bazı öğelerin mevcut olması gerekir. Bu öğelerden herhangi birindeki eksiklik ya da yanlışlık süreç iyileştirme çalışmasının amaç ve sonuç ilişkisinde problemler ortaya çıkaracaktır. Bu öğeler: genel süreç şeması, tedarikçiler, girdiler, kaynaklar, çıktılar, müşteriler, süreç performans ölçütleri, süreç sorumluları, süreç aktiviteleridir.⁹

Süreç iyileştirmede izlenen yol sırası ile analiz, tasarım, uygulama, değerlendirme ve iyileştirme. Bir başka ifadeyle, süreçlerden geri bildirim yoluyla elde edilen bilgiler analiz edilir, bu analiz sonucu ortaya çıkan tablodan tasarımlar yapılır, tasarımlardan yararlanılarak hedefler ortaya konur, ölçme araçları geliştirilir ve bütün bunların alternatifleri üzerinde durulur. İyileştirme aşamasına gelindiğinde artık yeni süreç tercihi yapılmış ve araçlar belirlenmiş demektir. Bir sonraki adımda ise, artık yeni süreç uygulama ve denenme işlemine tabi tutulmak üzere sisteme alınır. Yeni sürece geçiş, hızlı ve ani olarak gerçekleşemeyebilir. Bu noktada, hızlı ve birden geçişe alternatif olarak, aşamalı geçişli bir pilot uygulama yaratılabilir veya geçiş işleminin sancılarını ortadan kaldırmak üzere, tamamen yeni bir is birimi yaratılması çözüm için söz konusu olabilir. Süreç iyileştirme aşamaları genel olarak tasarım aşaması, pilot uygulama ve değişikliklerin sınanması, değişikliklerin gerçekleştirilmesi aşaması adımlarından oluşur (Soydan S, 2006¹³). Sürekli iyileştirme sürekli bir döngüdür. Bir yaşam tarzıdır. Süreç sürekli izlenmeli ve iyileştirme fırsatları aranmalıdır.⁸

Sürekli gelişmeyi sağlamak için üç temel koşulu sağlamak gereklidir. Bunlar:

Mevcut durumu yetersiz bulmak: Bir sistem kusursuz bir şekilde çalışıyor olsa da, o sistemde dahi geliştirilecek birçok faktör bulunabilir. Ayrıca bilim ve teknolojiadaki gelişmeler de her gün “verimlilik” ölçütünü ileriye taşımaktadır.

İnsan faktörünü geliştirmek: Her şeyi yapan “insan”dır; insan kaynakları bir kuruluşun en değerli varlığıdır. Alışlagelmiş yönetim biçiminde bu kaynağın ancak küçük bir bölümünden yararlanılıyor. Oysa her çalışanı bu geliştirme faaliyetlerinin bir üyesi haline getirmek gerekir.

Problem çözme tekniklerini yaygın biçimde kullanmak: Problemleri çözmekte düşülen en büyük hata, belirtiler üzerinde yoğunlaşıp, sorunların altında yatan nedenleri görememektir. Sorunları iyi bir biçimde çözmek için, her sorunu en uç sebebe kadar izlemek ve temeldeki sorunu bir daha ortaya çıkmayacak biçimde çözmek gerekir. Sorunun nedeni araştırılırken beş kez neden diye sormak genellikle iyi sonuç vermekte ve sorunun görünür nedeni değil de gerçek nedeni ortaya konabilmektedir. İşletmelerde karşılaşılan problemlerin çoğunu çözmek için basit istatistik ve karar verme teknikleri yeterli olmaktadır. Yapılan araştırmalar çok ileri tekniklerin nadiren gerekli olduğunu ortaya koymaktadır. Sistem geliştirmek için de aynı teknikler kullanılmaktadır, ancak bu teknikleri tüm çalışanlara öğretmek ve uygulanmasını sağlamak ise yöneticilere düşen bir sorumluluktur¹⁰.

SONUÇ

Teknoloji ve bilgi yönetimi temelinde yatırımlarını çoğaltan firmalar, kaliteli ürün veya hizmet üreterek işletme performanslarını sürekli geliştirmektedirler. Diğer taraftan işletmelerde bilgi sürecinin değişimiyle, hizmetler, süreçler, ürünler, roller ve ilişkilerin de müşteri beklentileri doğrultusunda değiştirilmesi zorunlu hale gelecektir. Bu sebeple bilginin yönetilebilmesi, örgüt üyeleri arasında paylaşımı, geliştirilmesi ve yönetilmesi stratejik bir faaliyet olarak değerlendirilmelidir. İşletmelerin satışları arttırmak, daha fazla kar elde etmek, büyümek, pazardaki yerini korumak için yeni ürünler geliştirmeleri ve yeni pazarlara girmeleri gerekir¹⁴. Araştırma geliştirme faaliyetleri içinde firmaların sürdürülebilir büyüme grafiğini takip etmek için değişime ayak uyduran, canlılığı sürekli kılan yapıların önem arz ettiği kaçınılmaz bir gerçektir. Bu temel amaca bağlı olarak Ar-Ge fonksiyonlarını şirket yapıları içinde nasıl konumlandırmak gerektiğini bilmek, bilginin ve yöntemlerinin nasıl kullanılacağı ile yakından ilgilidir. Sürdürülebilir verimlilik artışını; rekabet gücünü belirleyen temel faktör Ar-Ge ve inovasyon yaklaşımıdır. Bu kapsamda örgüt içi ve örgüt dışı sürekli paylaşımı geliştiriyor olmak ve şirket içi her türlü kanala bilginin ve teknolojinin kanal kaynaklı dağılımını ve aynı etkide eriştirilebiliyor olmasını öğretmek çalışmanın esas amacıdır.

Bütün stratejik kararlar işletmenin geleceği açısından önemli olsa da, Ar-Ge ile ilgili kararlar birçok belirsizliğin bulunduğu bir ortamda alındığı için güçtür. Araştırma ve geliştirme kararları, işletmede önem taşıyan her şeyi etkilediği için karmaşık bir nitelik kazanır ve stratejik karar niteliği taşırlar. Yöneticiler, pazarlama hizmet ve destek, üretim ve finans üzerindeki etkileri düşünmeden AR-GE seçimlerini özenle yapamazlar. Başarısız AR-GE yöneticileri, organizasyonel parçalanmalara, şikâyetlere, sorunlara ve işçi devrine sebebiyet verebilir. Bu yüzden yöneticiler AR-GE yönetimi konusunda literatür okuyarak, başarılı yöneticileri inceleyerek ve etkili yönetim konusunda eğitim alarak, başarılı kararlara imza atabilirler⁴.

KAYNAKLAR

- [1] Goodstein, L., Nolan, T. ve Pfeiffer, J. W., Applied Strategic Planning: A Comprehensive Guide, Pfeiffer&Co., San Diego - CA.,1992.
- [2] Dinçer, Ö. Stratejik Yönetim ve İşletme Politikası, İstanbul, Beta Basım,1998.
- [3] Murat G., “Yöneticilerin Yeniden Yapılanma Sürecinde İnovasyona Bakış Açısı: Kardemir Örneği”, 2010.
- [4] Zerenler M. Ve ark., “Küresel Teknoloji, Araştırma-Geliştirme (Ar-Ge) ve Yenilik İlişkisi”, 2010

- [5] Coşkun F., "Süreç Performans Parametrelerinin Oluşturulması Ve İzlenmesi", İstanbul Teknik Üniversitesi, 2008.
- [6] Gaga O., "Süreç Analizi Ve Süreç İyileştirme Metodolojisi Ve Kısıtlar Teorisi Yöntemiyle Süreç Analizi Uygulaması" Yıldız Teknik Üniversitesi, 2009.
- [7] Şengün M., "Süreç İnovasyonunun Verimliliğe Etkisi: Bir Uygulama", Dokuz Eylül Üniversitesi, 2009.
- [8] Bülbül Ş., "Üretim Süreçlerinde İyileştirme Alanlarının Belirlenmesi İçin Altı Sigma Araçlarının Kullanılması", Dokuz Eylül Üni., 2008.
- [9] Oskaloğlu E., "Üretim İşletmelerinde Süreç İyileştirme Tekniklerinin Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma", İnönü Üniversitesi, 2019.
- [10] Köse E., "Kuruluşlarda Sürekli İyileştirmenin Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma", Dokuz Eylül Üniversitesi, 2009.
- [11] Selimoğlu N., "Süreç Yönetimi Ve Süreç İyileştirmede Bilgi Yönetiminin Rolü Ve Uygulamaya İlişkin Bir Araştırma", İstanbul Üniversitesi, 2005.
- [12] Eroğlu C., "Süreç İyileştirilme Ve Bir Uygulama", Marmara Üniversitesi, 2006.
- [13] Soydan S., "Süreç Yönetimi Ve İyileştirilmesi Üzerine Bir Uygulama" Dokuz Eylül Üniversitesi, 2006.
- [14] Doşar G., "Ürün Geliştirme Süreçlerinde Kalite Fonksiyon Göçeriminin Uygulanması", İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 19;269-292.

The background is a solid red color. In the upper half, there are wavy, flowing lines that create a sense of movement. In the lower half, there are several interlocking gears of different sizes, rendered in a slightly darker shade of red, giving a mechanical or industrial feel.

DEĞİŞİM ORTAMINDA EKOSİSTEMDEN UYGULAMALAR

Anahtar Performans Göstergeleri ve Üniversite Sanayi İşbirliğindeki Yeri

Tuğba Öztür, Yeditepe Üniversitesi Teknoloji Transfer Ofisi

tugbaozturk@yeditepe.edu.tr

ANAHTAR PERFORMANS GÖSTERGESİ NEDİR?

Anahtar Performans Göstergesi (APG), bir işletmenin, ekibin, bireyin veya projenin performansını ölçen bir metriktir. İngilizcede Key Performance Indicator (KPI) olarak adlandırılan bu tanım, hedeflerimizi veya hedeflerimizi karşılayıp karşılamadığımızı değerlendirmek için kullanılan ana yollarındandır.

Kullanılan sistemlerin zaman içindeki değişimlerini izleyebilmemiz için APG'lerin ölçülebilir olması zorunludur. Belirgin bir hedefe odaklanılırken, önemli kararlar için güvenilir, net veri kaynaklarına da sahip olmaları gerekmektedir. Hedeflere ne kadar yakın olduğumuzu görebilmek için APG'leri sürekli olarak ve sıklıkla incelemek gerekir.

Anahtar Performans Göstergeleri ile ölçüm yapılırken birçok APG çeşidi ortaya çıkacaktır (örneğin, pazarlama, satış, İK, müşteri hizmetleri ve geliştirme gibi) ve hepsini uygulamaya gerek yoktur. Ancak kurumların genel performansına bakarken, ilerlemeyi ölçmek için her departman özelinde APG'ler ile izlenmelidir. Bu yaklaşım, departmanların birlikte çalışarak kurumun nihai hedeflerine ulaşılmasına aracılık edecektir.

Anahtar Performans Göstergeler Nasıl Belirlenir?

Anahtar Performans Göstergeleri, hedeflere ulaşma, başarıyı değerlendirme ve stratejik hedeflere yönelik ilerlemeyi izleme amacıyla belirlenir. Bunun için ilk adım, belirlenen hedefleri anlamaktır. Anahtar performans göstergeleri ve hedeflerin belirlenmesi için “SMART” olarak kodlanan beş temel prensip vardır:

1. Spesifik (Specific)
2. Ölçülebilir (Measurable)
3. Erişilebilir (Achievable)
4. İlgili (Relevant)
5. Zamana dayalı (Time-bound)

Anahtar Performans Göstergelerinin Faydaları Nelerdir?

Anahtar Performans Göstergeleri, organizasyonlar ve bireyler için kritik bir yönetim aracı olarak işlev görür. Bu göstergeler, çeşitli avantajlar sunarak performansı izleme, değerlendirme ve stratejik hedeflere odaklanma konularında rehberlik eder. APG'ler, organizasyonların belirlenen hedeflere ulaşma süreçlerini sürekli olarak takip etmelerini sağlar. Bu süreç, performansın güçlü ve zayıf yönlerini belirleme, başarı ve gelişim alanlarını tespit etme fırsatları sunar.

APG'ler veriye dayalı karar almayı destekler ve bu sayede yöneticilere ve karar alıcılara daha güçlü bir analitik temel sunar. İş süreçlerindeki iyileştirme noktalarını belirlemek, kaynakları optimize etmek ve riskleri erken tanımak için APG'ler etkili bir rehberlik sağlar. Bu da organizasyonların stratejik esneklik kazanmalarına ve rekabet avantajlarını sürdürmelerine yardımcı olmaktadır.

Müşteri odaklı APG'ler, müşteri memnuniyetini artırmak için önemli bir rol oynar. Müşteri şikâyet oranları, müşteri deneyimini ölçerek organizasyonların ürün ve hizmet kalitesinin arttırmasına odaklanılmasını sağlar.

APG'ler aynı zamanda performansın değerlendirilmesi ve ödüllendirme sistemlerinin kurulmasında da kullanılır. Performans ödülleri destekleyerek çalışan motivasyonunu artırır ve kurumların içinde daha etkili iletişim sağlar.

Üniversite Sanayi İşbirliği ve Özel Sektör

Yüksek rekabet ortamlarında, işletmelerin varlıklarını sürdürebilmeleri için üniversitelerden aldığı destek giderek daha önemli hale gelmektedir. Devletler de bu durumu fark ederek, yenilik süreçlerinin hızlandırılması ve verimliliğin artırılması adına üniversitelerle sanayi arasındaki işbirliklerinin gerekliliğine vurgu yapmaktadır. Bu değişim, üniversitelerin geleneksel yapılarının dönüşmesini de beraberinde getirmiştir. Eskiden yalnızca eğitim veren kurumlar olarak bilinen üniversiteler, artık araştırmayı da eğitimin bir parçası haline getirerek çok daha geniş bir sorumluluk alanına sahip olmuştur.

İşletmeler açısından yenilikler, uzun vadeli başarı ve sürdürülebilirlik için kritik bir rol oynamaktadır. İşletmelerin sunduğu yeni ürün ya da hizmetler, onların potansiyel rekabet gücünü yükseltirken, bu yenilikler aynı zamanda sektördeki konumlarını sağlamlaştırmada önemli bir unsur haline gelmektedir. Yeniliğin, işletmelerin hayatta kalma mücadelesinde önemli bir faktör olduğu sıkça vurgulanmaktadır.

Literatürde yapılan çalışmalar, yeniliklerin işletmelerin performansı üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Yeniliğin, işletmeler arasındaki performans farklılıklarını açıklayan güçlü bir unsur olduğuna dair ortak bir görüş hakimdir. Bununla birlikte, yenilik ile işletme performansı arasındaki ilişkinin doğrudan değil, dolaylı olduğu ifade edilmektedir. Yani yenilikler, işletmelerin performansını çeşitli ara faktörler üzerinden etkilemektedir.

Üniversitelerde ve Özel Sektördeki Müesseselerde APG Farklılıkları

Üniversite-sanayi işbirliği çalışmaları kapsamında üniversiteler ve özel sektördeki kurumlar, kuruluşlar arasındaki APG farkları, her iki sektörün stratejik öncelikleri ve performans ölçüm yöntemleri arasındaki temel farklılıkları yansıtmaktadır. Üniversite-sanayi işbirliği temelde araştırma ve geliştirme odaklı olduğundan, APG'ler yenilikçi projelerin başarısı, teknoloji transfer hızı ve akademik-endüstri işbirliği sayısı gibi ölçütlere odaklanır. Öte yandan, özel sektörde APG'ler daha çok finansal performans göstergeleri üzerine kuruludur; gelir artışı, kar marjı ve pazar payı gibi ölçütler öne çıkar.

Zaman çerçevesi açısından üniversite-sanayi işbirliği projeleri genellikle uzun vadeli olarak değerlendirilirken, özel sektörde APG'ler genellikle kısa ve orta vadeli hedeflere yöneliktir. Risk ve belirsizlik yönetimi açısından da üniversite-sanayi işbirliğindeki projeler daha yüksek

riskli olabilirken, özel sektörde APG'ler daha öngörülebilir faaliyetler üzerine odaklanır ve risk yönetimi, karlılık ve sürdürülebilir büyüme gibi konular üzerinde durulur.

Performansın ölçümü ve değerlendirilmesi bakımından üniversite-sanayi işbirliği APG'leri genellikle akademik ve yenilikçi ölçütlerle ilişkilendirilirken, özel sektörde ise daha sıkı bir şekilde finansal ve operasyonel performans göstergeleri kullanılır. İletişim ve paydaş yönetimi açısından üniversite-sanayi işbirliği projeleri birden fazla paydaş arasında koordinasyon gerektirebilirken, özel sektör APG'leri genellikle daha sınırlı bir paydaş kitlesiyle raporlama odaklıdır, özellikle yatırımcılar ve yöneticiler arasında vurgulanır.

Sonuç

Çeşitli sektörlerdeki APG'lerin nasıl tanımlandığı, ölçüldüğü ve değerlendirildiği ile ilgili olarak sektörler hakkında önemli bilgiler sağlanabilir. Dolayısıyla, bir organizasyonun APG'lerini belirlerken sektörel ve stratejik öncelikleri dikkate almak kritik öneme sahiptir.

Anahtar Performans Göstergeleri (APG), hem üniversiteler hem de özel sektör için başarıyı ölçmek ve stratejik hedeflere ulaşmak adına vazgeçilmez bir yönetim aracı olarak öne çıkmaktadır. APG'ler, performansı nesnel bir şekilde değerlendirmek, güçlü ve zayıf yönleri tespit etmek, gelişim alanlarını belirlemek ve veriye dayalı kararlar almak için kullanılır. Hem bireysel hem de kurumsal düzeyde başarıyı izlemek adına kritik bir rol oynayan bu göstergeler, organizasyonların rekabet avantajını koruyabilmeleri ve sürdürülebilir büyüme sağlamaları açısından büyük bir değer taşır.

Üniversiteler ve sanayi arasındaki işbirliği, yenilik süreçlerinin hızlandırılmasında ve verimliliğin artırılmasında önemli bir rol oynarken, bu işbirliğinde kullanılan APG'ler yenilikçi projelerin başarısı, teknoloji transferi ve akademik-endüstri işbirliği gibi uzun vadeli hedeflere odaklanır. Buna karşılık, özel sektör APG'leri daha çok finansal göstergeler, pazar payı ve karlılık gibi kısa ve orta vadeli hedefler üzerine yoğunlaşır.

Her iki sektörde de APG'lerin belirlenmesi, SMART prensiplerine dayalı olarak yapılmalı ve sürekli olarak izlenmelidir. Üniversitelerde yenilikçi araştırma ve geliştirme projeleri ön planda iken, özel sektörde ise finansal sürdürülebilirlik ve büyüme öncelikli konulardır. Bununla birlikte, her iki sektörde de APG'ler, risk yönetimi, kaynak optimizasyonu ve paydaşlarla etkili iletişim gibi alanlarda performansın artırılmasına yardımcı olur.

Sonuç olarak, hem üniversitelerde hem de özel sektörde APG'lerin doğru belirlenmesi, performans yönetimi ve stratejik başarı açısından hayati önem taşır. Üniversite-sanayi işbirliğinde yenilik odaklı projelerin ilerlemesi, özel sektörde ise finansal sürdürülebilirlik ve büyüme hedeflerine ulaşılması APG'ler sayesinde izlenebilir hale gelmektedir. APG'ler, tüm bu süreçlerde veriye dayalı karar alma yetkinliğini artırarak, organizasyonların uzun vadeli stratejik hedeflere odaklanmasını ve rekabet avantajını korumasını sağlar. Bu bağlamda, APG'ler sadece bir ölçüm aracı değil, aynı zamanda organizasyonların başarısını şekillendiren stratejik bir rehber olarak kabul edilmelidir.

Anahtar Kelimeler: anahtar performans göstergesi, Üniversite-Sanayi İşbirliği, performans ölçümü, hedef değerlendirme

KAYNAKLAR

Yücel, E., & Özgül, E. (2020). İşletmelerin Yenilik Performansının Arttırılmasında Üniversite-Sanayi İşbirliğinin Rolü. Ekonomi Politika Ve Finans Araştırmaları Dergisi, 5(2), 404-434. <https://doi.org/10.30784/epfad.722019>

[APG Nedir? \(Anahtar Performans Göstergesi\) | MechSoftDigital](#)

[APG Nedir: Bilmeniz Gereken 21 Temel Performans Göstergesi \(wix.com\)](#)

[İnsan Kaynakları Yönetimi \(ataozdemirci.net\)](#)

YEŞİL DÖNÜŞÜM YENİDEN DEĞERLENDİRME

Islak Mendil Hijyenik Ambalaj Atıklarının Mekanik Geri Dönüşümlerine Yönelik Mono Yapıda Makine Yönünde Oryante Edilmiş ve Bariyer Özelliği Kazandırılmış Poliolefin Film Geliştirilmesi

İlker Türkmen / Lidersan Sağlık ve Gıda A.Ş ArGe Merkezi, Akif Dik / Lidersan Sağlık ve Gıda A.Ş ArGe Merkezi

ilker.turkmen@altunkaya.com, akif.dik@altunkaya.com

ÖZET

“Bariyer ambalaj” tanımındaki bariyer kelimesi, bu malzemelerin içindeki öğelerin korunmasına yardımcı olmak için, çeşitli ara tabakalara yerleştirilen yapıları ifade eder. Plastik ambalajlara uygulanan bu yapılar veya katkı maddeleri; oksijen, su, su buharı, aromalar, ışık ve yağlar gibi zararlı unsurları üründen uzak tutabilme özelliğini tanımlar.

Bu özellikleri, bariyer ambalajı dış etkilere ciddi şekilde zarar görebilecek ürünler için mükemmel bir seçenek haline getirir.

Kişisel hijyen her geçen gün daha da önem kazanıyor ve artık bireysel temizlik meselesi değil, aynı zamanda etrafımızdakileri korumanın da bir yolu haline geldi. Koronavirüs pandemisinin ortaya çıkmasından bu yana yalnızca bebek bakımı veya makyaj temizliği için değil, aynı zamanda dezenfektan olarak ve tıbbi ekipman, restoranlardaki masa ve sandalyeler, zeminler, kulplar ve elektrik prizleri dahil olmak üzere hemen hemen her türlü kamusal yüzeyin temizliğinde de bu ürünlerin kullanımları arttı.

Islak hijyenik mendil pazarının, hijyen konusundaki artan endişeler nedeniyle 2020'den 2025'e kadar %7'nin üzerinde bir bileşik büyüme oranı ile büyümesi bekleniyor. Bu hızlı büyümeyle birlikte, kullanılan standart laminatların geri dönüşüme uygun olmaması nedeniyle ambalaj atıklarıyla ilgili endişeler artıyor.

Ambalajın temel işlevi, paketlenmiş ürünü son müşteri tarafından nihai kullanımına kadar değer zinciri boyunca korumaktır. Islak mendillerin de korunması gereken en önemli malzeme özelliği, mendilin kurumasını önlemek amacıyla ambalajı gaz geçirgenliğidir. Bunu başarmak için standart ıslak hijyenik mendil ambalajları, genellikle PE ve PET olmak üzere çeşitli polimerlerden ve ayrıca gaz transferini önleyen malzemelerden oluşan birkaç katmandan yapılır. Bazen bir alüminyum ve kağıt tabakası da eklenir. Malzemelerin bu kombinasyonu; gaz bariyeri, sorunsuz sızdırmazlık için yüksek ısı direnci, kimyasal direnç ve mukavemet özelliklerini mükemmel bir şekilde sağlar.

Ancak ne yazık ki bu malzemeler uyumsuzdur ve bu nedenle geri dönüştürülemezler.

En kötü durumda, organize atık toplama sisteminin olmadığı yerlerde paketler çevreye ulaşıyor ve yıllarca orada kalarak hem hayvanları hem de bitkileri kirletiyor ve zarar veriyor.

Islak hijyenik mendillerde kullanılan ambalajlar teknik açıdan en zorlu ambalaj türlerinden biridir. Islak hijyenik mendillere yönelik kimyasallara dayanıklı esnek ambalaj oluşturmak için kullanılan film, mürekkep ve yapıştırıcıların çok özel olması gerekiyor.

Standart çok katmanlı esnek ambalajların tek malzemeli ambalajlarla değiştirilmesi, ıslak hijyenik mendil ambalajlarının geri dönüşümünde de sürdürülebilir ambalajların önünü

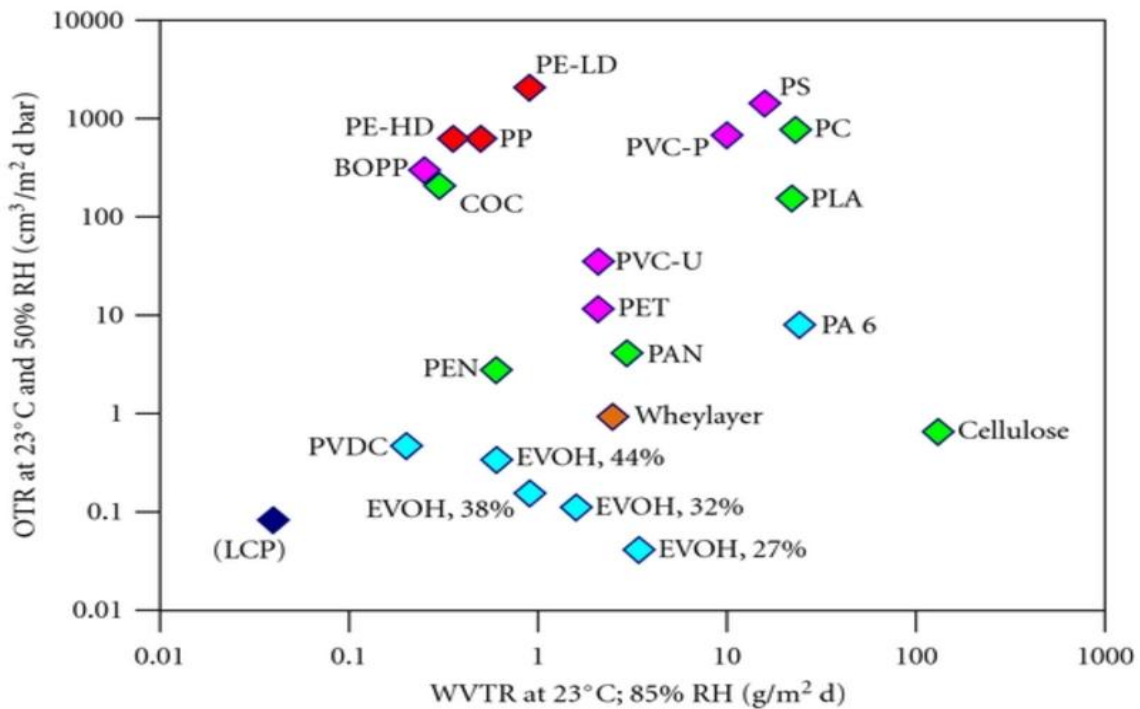
açmaktadır. Bu çözüm, Avrupa, İngiltere ve son zamanlarda ülkemizde de artan mevzuat gerekliliklerinin yanı sıra önde gelen sektör marka sahiplerinin plastik kullanımını azaltmaya ve geri dönüşümünü teşvik etmeye odaklanan zorlu hedefleri karşılama taahhütlerini de karşılıyor.

Anahtar kelimeler: polimer, poliolefin, sürdürülebilirlik, çevre, hijyen, bariyer özellik

GİRİŞ

Mevcut piyasada bu tür çok katmanlı ıslak mendil ambalajları için PE/PET yapıları sıkça tercih edilmektedir. PET'in optik özelliği, rotogravür baskı tekniğine uygunluğu, termal ve kimyasal dayanım kabiliyeti, stiffness özelliği, 1,45 g/cm³ olan yoğunluğu ile paketlerin mukavemetine sağladığı katkı ve 110 cc/m².gün OTR değerine sahip olması ise bariyer özellik için yüksek kullanım cazibesine neden olmaktadır. OPP/PE yapılarda ise bu değer 1500-2000 cc/m².gün'dür. Ayrıca ürünlerin içerisinde kullanılan solüsyonların uçuculuğu zamanla bu ambalajlarda delaminasyona sebebiyet vermektedir. Bu nedenle OTR değerinin yanında WVTR (Su Buharı Geçirgenliği) değeri de çok önemlidir. Bu değer <5 g/m²/gün olmalıdır.

Ancak PET gibi geri dönüştürülemeyen malzemelerin kullanımı bu ambalajların atık yönetimi ile döngüsel ekonomiye geri kazanımını zorlaştırmakta ve çevresel etkisini artırmaktadır.



Şekil 1. Polimerlerin OTR Değerleri

Bulgular ve Yöntem

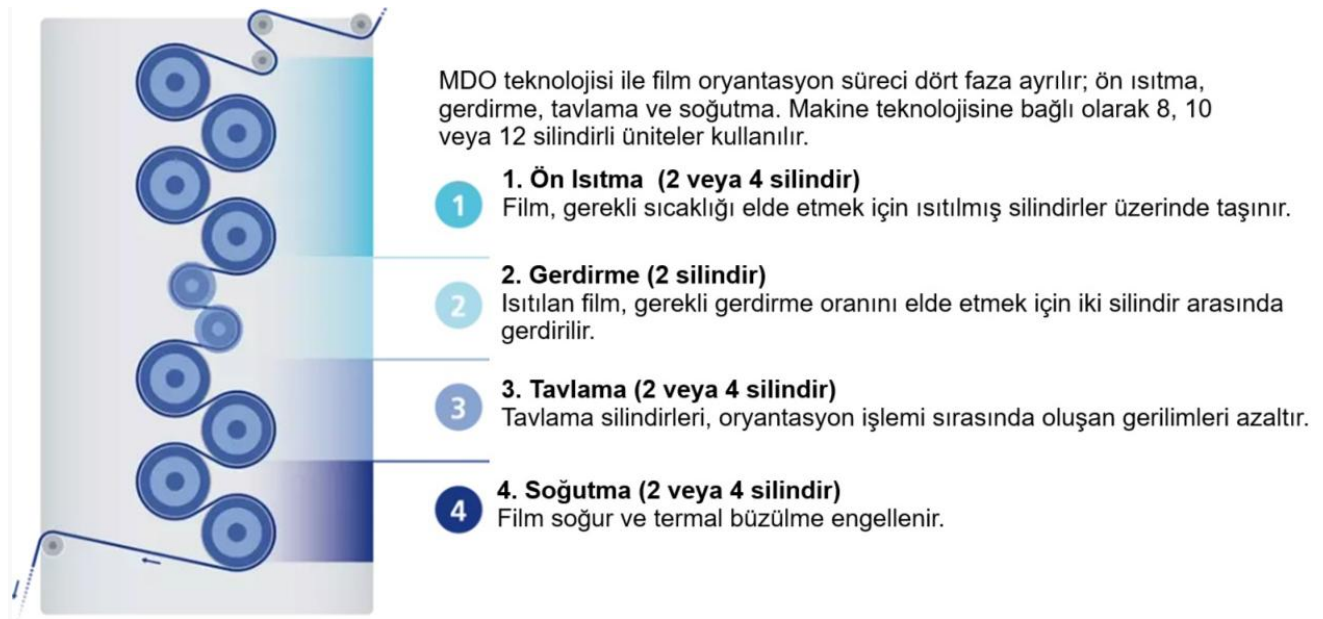
Yapılan bu çalışmada, Lidersan Sağlık ve Gıda Ürünleri A.Ş. işletmesinde bulunan 9 extrudere sahip blown film üretim hattımızda MDO (Machine Direction Oriented) teknolojisi de kullanarak makine yönünde gerdirilmiş EVOH katkılı özel bir PE film geliştirilmiştir.

Geliştirilen bu film gerdirilmiş olduğu için rotogravür baskıya uygun hale getirilmiş ve son olarak aynı zamanda EVOH katkılı olduğu için bariyer özelliği PET'li yapıda 110 cc/m².gün iken geliştirilen bu PE filmde ≤10 cc/m².gün olarak yükseltgenmiştir.

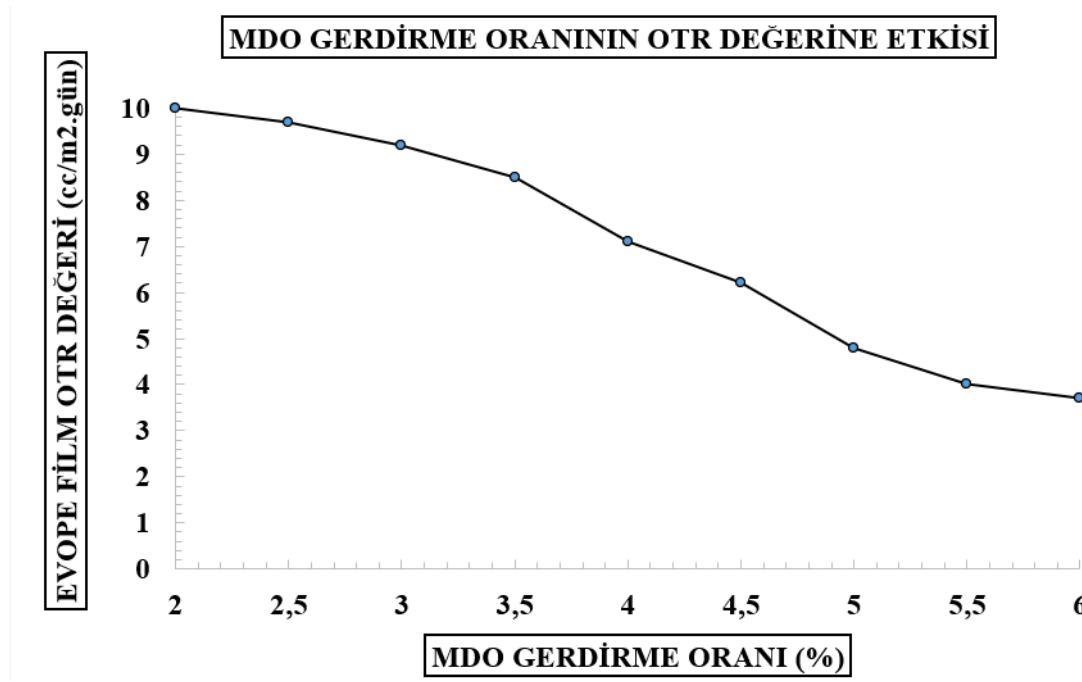
Geliştirilen bu üst filme rotogravür baskı işlemi gerçekleştirilmiş ve ardından yine paketleme makinesindeki disk kaynağında çabuk soğuyup form alabilmesi için ayrıca geliştirilen elastomerik hammadde içerikli kaynak film (alt film) ile PU bazlı tutkal ile solventli laminasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. WVTR değeri <5 g/m².gün OTR değeri ise <10 cc/m².gün olarak ölçülmüştür. Bununla birlikte kullanılan solüsyonların 5,0-5,5 olan pH değerinde de aynı PET/PE yapılı ambalajlar gibi kimyasal dayanım korunmuştur.

MDO (Machine Direction Orientation) Teknolojisi

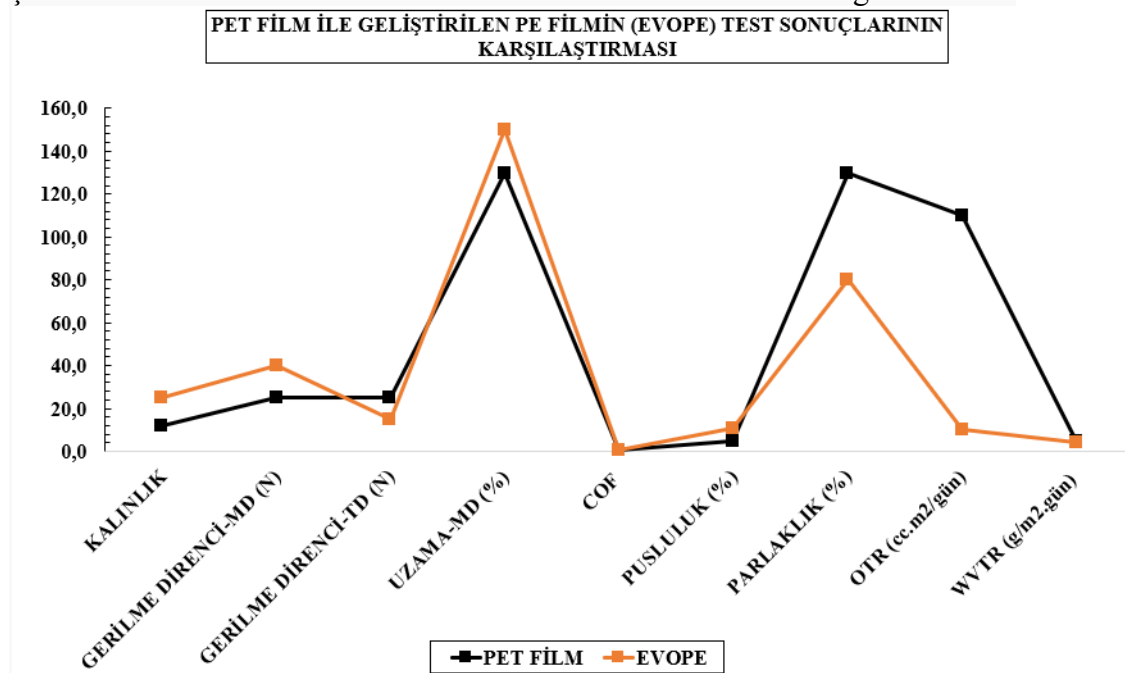
Blown MDO (Machine Direction Orientation) teknolojisi, plastik film üretiminde kullanılan bir proses yöntemi olup, bu teknoloji, film malzemesinin moleküler yönlendirilmesini ve istenilen özelliklere sahip bir film elde edilmesini sağlamaktadır. Blown MDO, genellikle yüksek bariyer özelliklerine, mukavemet artışına ve termal stabilizeye ihtiyaç duyulan uygulamalarda kullanılan bir film üretim teknolojisidir. Mono poliolefin yapı ise, ambalaj endüstrisinde sıklıkla kullanılan bir tasarım yaklaşımını ifade etmekte olup, bu yapı, tek bir polimerden oluşan, yani ambalaj malzemesinin ana bileşeni olarak sadece bir tür poliolefin polimerinin kullanıldığı bir yapıyı temsil etmektedir.



Şekil 2 MDO Teknolojisi Sistematığı



Şekil 3 MDO Gerdirme Yüzdesinin EVOH'lu PE Filmin OTR Değerine Etkisi



Şekil 4 PET Film ve MDO Teknolojisi Kullanılarak Geliştirilen PE Filmin (EVOPE) Test Sonuçları Karşılaştırması

SONUÇ

Sonuç olarak yapılan bu çalışmayla PE/PET yerine PE/PE yani mono poliolefin yapıya dönüşüm sağlanarak; hem kullanım ömrü sona eren kompozit atık haline gelen ambalajlara geri dönüştürülebilir, döngüsel ekonomiye katkı sunan, sürdürülebilir ve çevre dostu bir form kazandırılmış hem de CEFLEX'in (a Circular Economy for Flexible Packaging) Döngüsel

Ekonomi için Tasarım Yönergeleri doğrultusunda %100 geri dönüştürülebilir bir ambalaj tasarımı elde edilmiştir. Ayrıca; ambalajın paket formunu alırken paketleme makinesinde kullanılan disk kaynak sıcaklığı PE/PE yapıda PET/PE yapıya göre min. %10-20 aralığında azaltılarak enerji verimliliği artışı, çevre dostu ürün üretimi, karbon ayak izinin azaltılması, doğal kaynakların etkili kullanımı sağlanmıştır. Geri dönüştürülemeyen ve doğadaki çevresel atık miktarını artıran plastik malzemelerin kullanımı azaltılarak, ülkemiz ambalaj sektörünün ekonomik kazancına katkı sağlanmıştır. Son olarak ise ortalama 2 yıl olan bu paketlerin raf ömrü süreleri elde ettiğimiz OTR ve WVTR değerlerine paralel olarak 3 yıl ve üzeri olacağını öngörmekteyiz.

KAYNAKLAR

1. Machine Direction Orientation of High Density Polyethylene (HDPE): Barrier and Optical Properties, Tirtha CHATTERJEE, 2014
2. Polimer Kimyası, Prof.Dr. Satılmış BASAN, 2013
3. Impact of Resin Density and Short-Chain Branching Distribution on Structural Evolution and Enhancement of Tensile Modulus of MDO-PE Films, Dixit Guleria, 2024
4. CEFLEX, Designing for a Circular Economy Guidelines Summary (for Polyolefin)

Tekstil İpliği Kullanılarak Araç Yakıt Filtresi Geliştirilmesi

Eylül Büşra TAPANYİĞİT¹, Hasan CANIMOĞLU¹, Sena ÖĞRETİM¹, Mehmet ÖZDEMİR¹,
Prof.Dr.Onur BALCI², Neslihan OKYAY³, Fatih IŞIK³

¹Şampiyon Filtre Pazarlama Sanayi ve Ticaret A.Ş. Ar-Ge Merkezi Hatay/Türkiye

²İnovaktif Ar-Ge Danışmanlık, Kahramanmaraş TGB, Kahramanmaraş/Türkiye

³Karacasu Tekstil Ar-Ge Merkezi, Kahramanmaraş/Türkiye

hasancanimoglu@sampiyonfilter.com.tr, eylultapanyigit@sampiyonfilter.com.tr,
mehmetozdemir@sampiyonfilter.com.tr, senaogretim@sampiyonfilter.com.tr,
obalci@aktifarge.com, nes@karacasutekstil.com.tr, fatih@karacasutekstil.com.tr

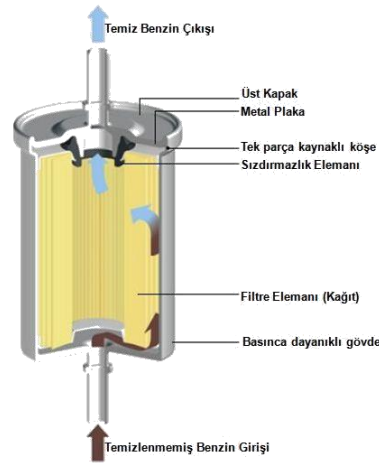
Özet

Çalışma kapsamında savunma sanayinde kullanılan motorlu araçlarda kullanılabilecek, tekstil ipliği sargılı yakıt filtreleri incelenmiştir. İpliğin sarılma düzeni ve kontrollü kalınlığı, daha yüksek kir tutma kapasitesi sağlamada, filtrenin ömrünü ve verimliliğini arttırmada doğrudan rol oynamaktadır. Bu kapsamda çalışmada, konvansiyonel yakıt filtreleri ile %100 poliester filamentli iplik kullanılarak üretilen iplikler ile oluşturulan farklı sarılma düzeni ve derinliğe sahip yakıt filtrelerinin filtreleme verimleri, toz tutma kapasiteleri ve basınç farkı değerleri ölçülerek değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre iplik sargılı filtreler için tavsiye niteliğinde konstrüksiyon özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca bu tip filtreleri geri dönüşüme, yani döngüsel üretime daha yatkın olduğu düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: İplikli filtre, yakıt filtresi, filament, poliester, filtrasyon verimi

1. GİRİŞ

Filtre, temas halinde bulunan akışkanın içerisinde kirletici partikülleri süzerek çalışma ortamının verimli çalışmasını dolayısıyla zarar görmesini engellemek amacıyla filtrasyon yani süzme işlemi yapan sistemdir.¹ Filtrenin bileşenleri kağıt (süzücü medya), plastik, sac ve tutkaldır. Genel olarak filtrasyon ortamına göre yağ, yakıt ve hava olmak üzere 3'e ayrılmaktadırlar. Otomotiv endüstrisinde kullanılan yakıt filtreleri, motora giden yakıtın içerisinde olabilecek kirliliklerin süzülerek temiz bir şekilde motora aktarılmasında görevlidir. Yakıt filtreleri motorların temiz, kaliteli yakıtla beslenebilmesi ve verimli çalışabilmesi için çok önemli bir eleman parçasıdır.²



Şekil 1. Yakıt Filtresi

Çalışma kapsamında incelenen yakıt filtrelerinde, klasik yakıt filtrelerinde bulunan süzücü medya yerine sargı şeklinde sentetik tekstil ipliği bulunmaktadır. İplikli yakıt filtrelerinin temel prensibi, diğer tüm filtreler gibi yakıtı uygun debi ve temizlikte motora iletmektir.³ Yakıtın temizliği kadar, motora giden debinin de önemi büyüktür. Yakıtı uygun debide süzemeyen bir filtre, motorda kalıcı hasarlara yol açabilir. İplikle sarılmış bu filtreler, merkezde daha sıkı ve dışta daha hafif olan bir gradyan yoğunluğu oluşturacak şekilde elde edilmektedir. Bu yapıyla bir bobine benzemektedir. Bu sayede başlangıçta daha büyük çökelti filtresi olurken, ortamdaki sıvı geçtikçe daha ince parçacıklar her katmanda kademeli olarak filtrelenmektedir.⁴ İplik sargılı bu filtreler, filtreleme yetenekleri, yüksek kir tutma kapasitesi, basınç karşısında şeklini koruma ve daha uzun süre dayanma yetenekleri nedeniyle tercih edilmektedir. İplikli filtrenin temel süzücü yüzeyi iplik yapısıdır. İplikler büküm verilerek sarılmıştır. Sarılmış bir iplikte, birden fazla filament bulunmaktadır. İplik numarasının incelenmesi, kesitte daha fazla iplik olduğunu göstermektedir, bu da yüzey alanının artmasına bir diğer sebeptir. Pileli filtrelerle karşılaştırıldığında, iplik sargılı filtreler, daha geniş bir yüzey alanına sahip olmaları da derinlik avantajına sahiptirler. İplik sargılı yakıt filtrelerinin yapımında ham madde olarak doğal pamuk, ağartılmış pamuk, cam elyafı, polipropilen, naylon, poliester vb. kullanılabilir. Kullanılan ipliklerin numaralandırılması, "Nm" kısaltması ile yapılmakta ve metrik sisteme dayanmaktadır. Nm, 1 gram ağırlığındaki tekstil malzemesinin metre cinsinden uzunluk değerini ifade etmektedir.



Şekil 2. Tekstil ipliği sargılı yakıt filtresi

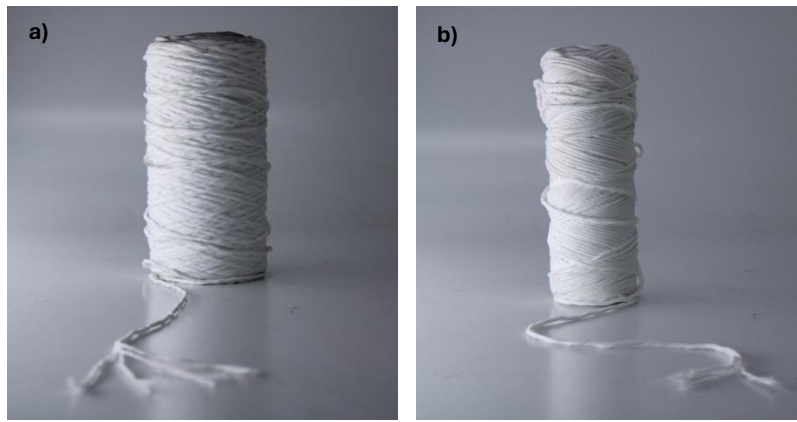
Bu çalışma kapsamında iki farklı Nm'de sentetik tekstil ipliği üretilerek yakıt filtresi haline getirilmiştir. Farklı Nm değerine sahip iplikler kullanılarak geliştirilen bu filtrelerin

kalite ve performans testleri gerçekleştirilerek pileli filtreler ile kıyaslanarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

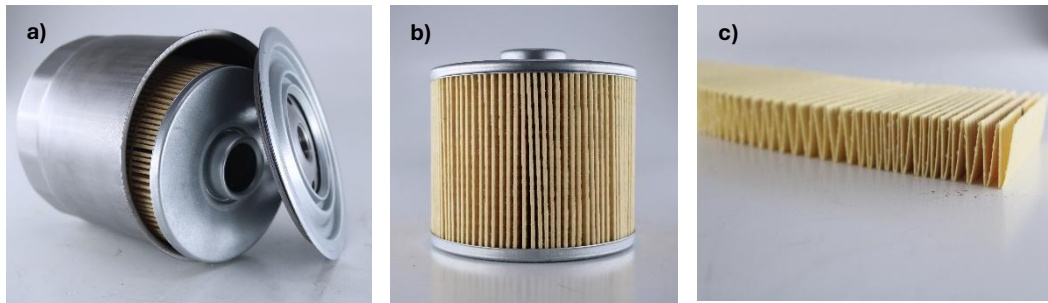
2.1. Materyal

Çalışma kapsamında Karacasu Tekstil Ar-Ge Merkezinde Nm 0,8 ve Nm 0,9 numarada iki farklı poliester filament iplik üretilerek, Şampiyon Filtre Ar-Ge Merkezinde bir iç kılıf üzerine sargı metoduyla yakıt filtresi iç elemanı haline getirilmiştir.



Şekil 3. a) Nm 0,8 poliester iplik b) Nm 0,9 poliester iplik

Mevcutta kullanılan klasik tip yakıt filtrelerinde süzücü eleman olarak akordion şeklinde pliselenmiş süzücü medya kullanılmaktadır. Yakıt filtrelerinde kullanılan bu medyaların gözenek büyüklüğünün diğer filtrelerle göre daha düşük olması gerekmektedir. Bunun sebebi yakıt türüne bağlı olarak viskozitenin artması ve yakıtın çok iyi filtrelene ihtiyacıdır. Eğer kağıdın gözenek büyüklüğü gerekenden büyük olursa, çok küçük zerrelili yabancı parçalar filtrelenmeyecek ve bu da yakıt sisteminde tıkanıklık veya başka bir hasara sebebiyet verecektir. Bu kapsamda çalışmada fenolik reçine emdirilmiş selüloz bazlı ortalama 9,8 mikron gözenek çapına sahip süzücü medya karşılaştırma amaçlı kullanılmıştır.



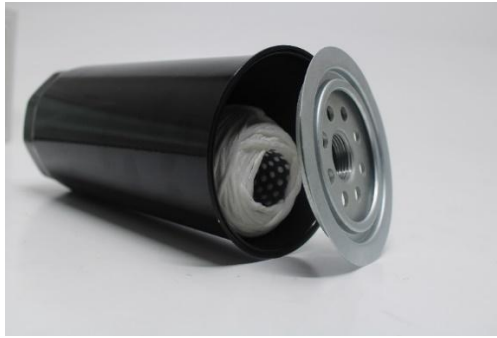
Şekil 4. a) Klasik yakıt filtresi b) Filtre iç elemanı c) pliselenmiş süzücü medya

2.2. Yöntem

Üretilen Nm 0,8 ve 0,9 olmak üzere iki farklı Nm değerine sahip poliester filament iplikler, 200 mm uzunluğunda ve iç çapı 30 mm olan bir iç kılıfa ayrı ayrı sarılmıştır. Çalışmada etilen glikol ve tereftalik asitten üretilen poliester hammaddeli lif kullanılmıştır. Eriyikten çekim tekniği ile üretilen iplikler yüksek mukavemeti ile bilinmektedir. Mukavemet değerleri Karacasu Tekstil tarafından ölçülmüştür. Poliester kaynaklı ürünlerin dönüştürülebilirliği ile ilgili çalışmalar da gün geçtikçe artmaktadır. Projenin bir sonraki adımında çalışmalar rPET veya biyolojik bazlı poliesterler ile tekrarlanacaktır.

İç eleman halindeki bu filtreler spin-on tip olarak adlandırılan tas kutu içerisine yerleştirilerek aşağıda belirtilen kalite ve performans testlerine tabi tutulmuştur.

- ISO 4548-12, ISO 19438, ISO 16889 standartlarına göre gerçekleştirilen Partikül sayma yöntemi ile yağ, yakıt, hidrolik filtrelerin ve süzücülerinin verim testleri
- ISO 4548-12, ISO 19438, ISO 16889 standartlarına göre gerçekleştirilen Yağ, yakıt, hidrolik filtrelerin ve süzücülerinin basınç farkı testleri

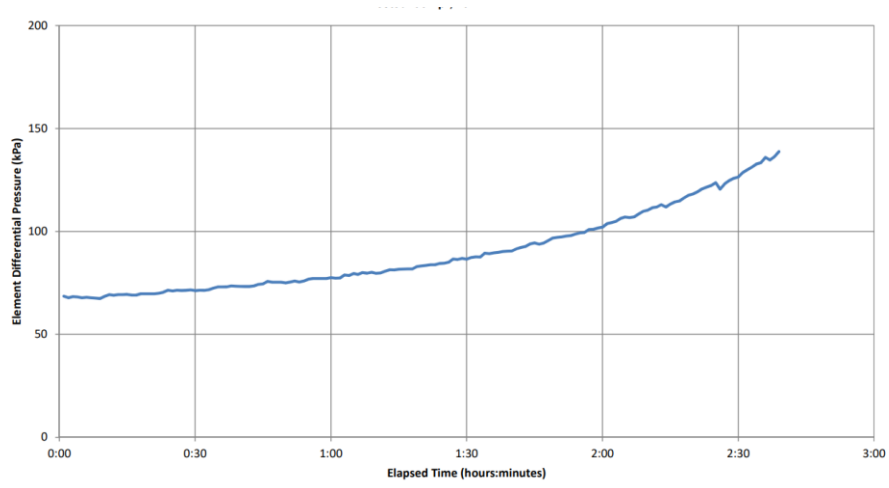


Şekil 5. İç elemanı poliester iplik sargılı spin on tip yakıt filtresi

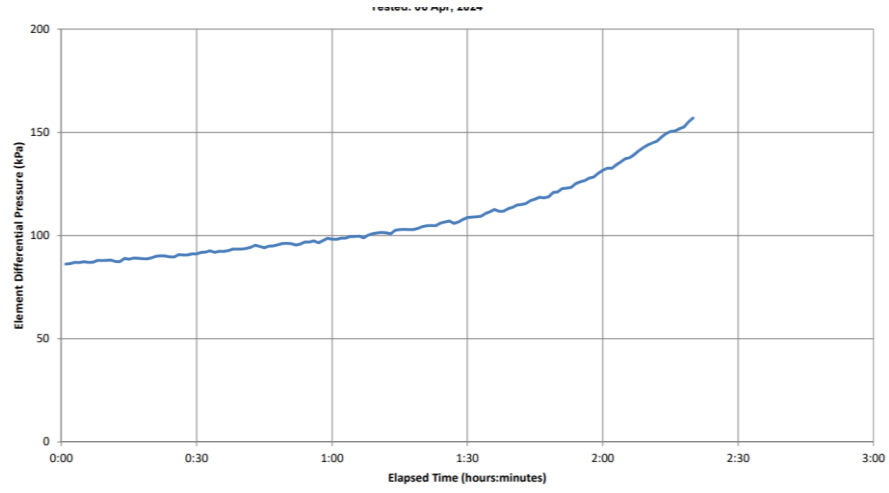
3. SONUÇLAR

İki farklı Nm değerine sahip iplikler kullanılarak gerçekleştirilen sarma işlemi sonucunda; Nm 0,8 iplik kullanılarak oluşturulan filtrenin çapı 65 mm, ağırlığı ise 260 g iken Nm 0,9 iplik kullanılarak oluşturulan filtrenin çapı 65 mm, ağırlığı ise 265 g olarak ölçülmüştür. Nm 0,8/1 ipliğin mukavemet değeri 326 N çıkarken, Nm 0,9/1 ipliğinki 401 N ölçülmüştür.

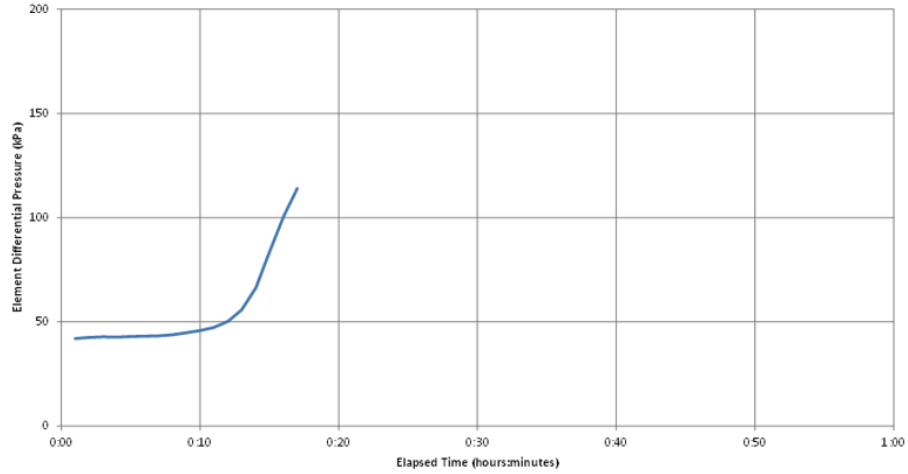
0,8 Nm ve 0,9 Nm iplikler kullanılarak elde edilen filtrelerin akış karşısındaki (yakıt) basınç davranışları incelenmiştir. Sonuçlar aşağıdaki grafiklerde verilmiştir. Nm 0,8 iplik sargılı filtrenin test süresi 2,39 saat, Nm 0,9 iplikli filtrenin test süresi ise 2,20 saat olarak ölçülmüştür. Test süresi, filtrenin tozla dolduktan sonraki basıncının ortalama 150 kPa'ya ulaşmasıyla sonlanmıştır. Test sürelerine etki eden bir başka parametre ise filtrelerin temiz basınç farkıdır. Nm 0,8 iplikli filtrenin temiz basınç farkı 69 kPa iken, Nm 0,9 iplikli filtrenin temiz basınç farkı 86 kPa olarak belirlenmiştir. Klasik pliselenmiş süzücü medya ile elde edilen filtrenin akış karşısındaki basınç davranışı incelendiğinde (Şekil 8.); temiz basınç farkı 42 kPa, kirletici sonrası basınç farkı 112 kPa olarak ölçülmüş ve test yaklaşık 20 dakika sürmüştür.



Şekil 6. Nm 0,8 iplik kullanılarak elde edilen filtreye ait basınç farkı grafiği

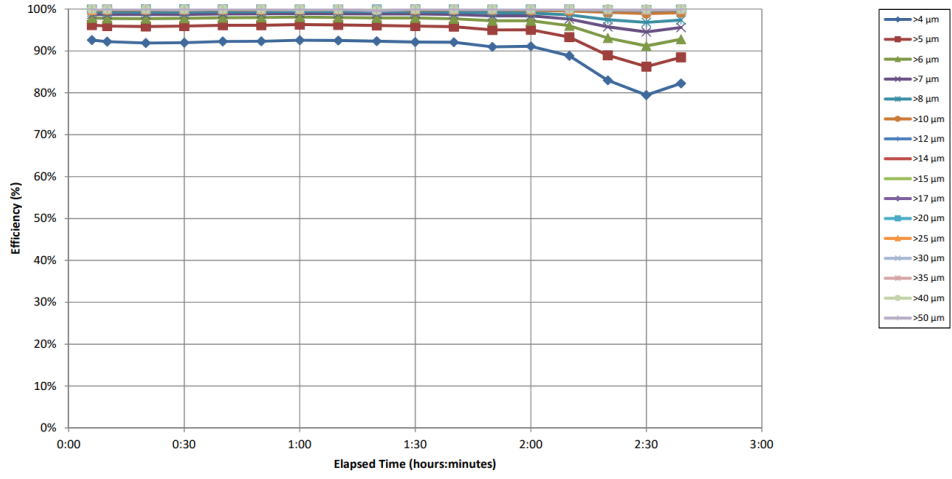


Şekil 7. Nm 0,9 iplik kullanılarak elde edilen filtreye ait basınç farkı grafiği

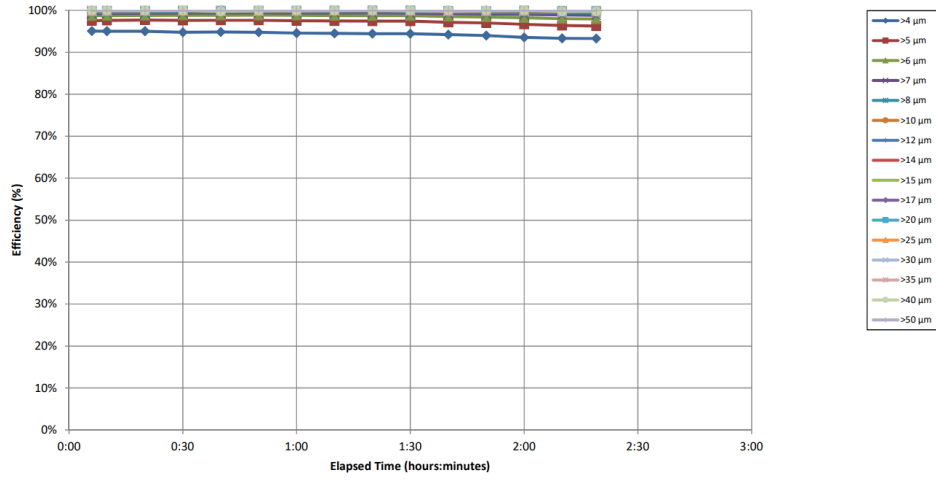


Şekil 8. Klasik süzücü medya kullanılarak elde edilen filtreye ait basınç farkı grafiği

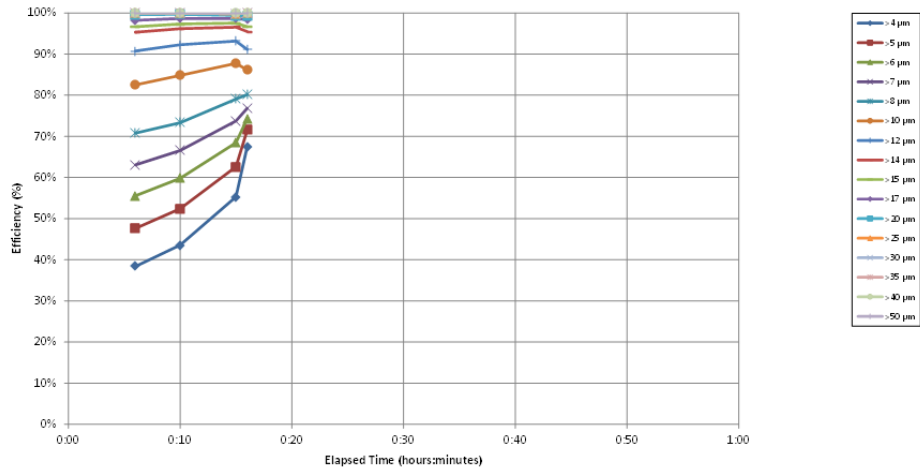
Nm 0,8, Nm 0,9 iplikler ve klasik süzücü medya kullanılarak elde edilen filtrelerin filtrasyon verimlilikleri ve toz tutma kapasiteleri incelenmiştir. Sonuçlar aşağıdaki grafiklerde verilmiştir.



Şekil 9. Nm 0,8 iplik kullanılarak elde edilen filtreye ait filtrasyon verimliliği grafiği



Şekil 10. Nm 0,9 iplik kullanılarak elde edilen filtreye ait filtrasyon verimliliği grafiği



Şekil 11. Klasik süzücü medya kullanılarak elde edilen filtreye ait filtrasyon verimliliği grafiği

4. TARTIŞMA

Elde edilen iplikli filtrelerin akış karşısındaki basınç değişimleri incelendiğinde (Şekil 6-7); Nm 0,8 iplikli filtrenin temiz basınç farkı 69 kPa iken, Nm 0,9 iplikli filtrenin temiz basınç farkı 86 kPa olarak ölçülmüştür. Temiz basınç farkı, filtredeki iplik yoğunluğunu ve yakıtın iplik içinden geçme kolaylığını göstermektedir. Dolayısıyla, Nm 0,9 iplikli filtrenin iplik yoğunluğunun daha fazla olduğu ve geçirgenliğinin daha az olduğu anlaşılmıştır. Nm 0,8 iplikli filtrenin temiz basınç farkının daha düşük olması ise geçirgenliğinin daha yüksek olduğunu göstermiştir. Klasik süzücü medya ile elde edilen filtre ile Nm 0,9 tekstil ipliği ile elde edilen filtre karşılaştırıldığında; pliselenmiş medya kullanıldığında filtrenin daha hızlı yüksek basınç değerlerine ulaştığı görülmüştür. Bu sonuç klasik pliselenmiş süzücü medyalı filtrelerin daha hızlı tıkanıldığını yani ömürlerinin daha kısa olduğunu göstermektedir.

ISO 4548-12, ISO 19438, ISO 16889 standartlarına göre belirlenmiş koşullarda kirletici tozlar (A1, A2, A3, A4) kullanılarak gerçekleştirilen filtrasyon verimliliği test sonuçlarına (Şekil 7-8) göre; Nm 0,9 iplik sargılı filtre %95 verimlilikle 4 µm'den büyük partikülleri tutarken, Nm 0,8 iplik sargılı filtre %75 verimlilikle aynı boyuttaki partikülleri tutmuştur. Bu sonuçlar, Nm 0,9 iplik sargılı filtrenin küçük partikül tozlarını Nm 0,8 iplik sargılı filtreden daha iyi tuttuğunu kanıtlamaktadır. İplik numarasına bağlı olarak bu sonucun değiştiği düşünülmektedir. Deney sonunda, filtrelerde tutulan toz miktarları karşılaştırıldığında, verimlilikle ters orantılı sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir. Nm 0,8 iplik sargılı filtre 19,08 g toz tutarken, Nm 0,9 iplik sargılı filtre 16,74 g toz tutmuştur. Sonuçlara göre, Nm 0,8 iplik sargılı filtre daha fazla miktarda toz tutsa da, filtrasyon verimliliği açısından değerlendirildiğinde Nm 0,9 iplik sargılı filtrenin daha yüksek filtreleme performansına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle seri üretimde Nm 0,9 poliester iplik kullanılmasının uygun olacağına karar verilmiştir. Daha kalın ipliklerle çalışmanın tekrar edilebileceği de düşünülmektedir.

Filtrasyon verimliliği açısından klasik pileli süzücü medyaya sahip filtreler ile Nm 0,9 iplik sargılı filtreler karşılaştırıldığında; %95 verimlilikte tekstil ipliği kullanılarak elde edilen filtreler 4 µm'den büyük partikülleri tutabilme kabiliyetine sahip iken klasik pliselenmiş süzücü medyaya sahip filtrelerin yaklaşık 13,5 µm'den büyük partikülleri tutabildiği belirlenmiştir.

Yakıt filtrelerinde kullanılan süzücü yüzeylerde ülkemiz %100 dışa bağımlıdır. Bu yüzeyler genellikle selülozik kaynaklıdır. Ancak poliester esaslı, filament ipliklerde yerli üretim mümkündür.

Kaynaklar

1. Aslan, S., & Kaplan, S. (2010). FİLTRASYON TEKSTİLLERİ: KULLANILAN HAMMADDELER, ÜRETİM YÖNTEMLERİ VE KULLANIM ALANLARI. Tekstil ve Mühendis, 17(79), 24-37.
2. Tapanyığıt, E. B., Canımoğlu, H., Özdemir, M., Balcı, O., & Akay, O. E. (2023). Kesiksiz Çözelti Üfleme Cihazında Yağ-Yakıt Filtresi Süzücü Yüzey Geliştirilmesi. Orclever Proceedings of Research and Development, 3(1), 578-591.
3. <https://www.gopani.com/what-is-a-string-wound-cartridge-filter/>
4. Sutherland, K. Filtreler ve Filtrasyon El Kitabı , 5. baskı; Elsevier Ltd.: Amsterdam, Hollanda, 2008; ISBN 978-1-8561-7464-0.

ÜRÜN-PROSES GELİŞTİRME, TASARIM

Mekanik ve Hidrolik Disk Frenli Rotor Geliştirilmesi

Duygu USTABAŞI, Hilal AKPINAR, Tuğcan YILMAZ, Bisan Motosiklet ve Bisiklet Sanayi ve Ticaret A.Ş.

duygu.ustabasi@bisan.com.trhilal.akpinar@bisan.com.trtrugcan.yilmaz@bisan.com.tr

ÖZET

Bu çalışmada, sürücü güvenliği ve emniyetli sürüşü sağlamak amacıyla, bisikletlerin kritik bir parçası olan rotorun, mevcutlarından farklı malzeme içeriği ile tasarımı ve prototip üretimi gerçekleştirilmiştir. Disk fren sistemleri uygulamada hidrolik ve mekanik olmak üzere iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Hidrolik disk frenlerde sürtünme kuvveti, yağ basıncı ile sağlanmakta ve bu sistem hidrolik sıvı ile çalışmaktadır. Frenleme esnasında fren kolu, hidrolik sıvıyı fren kaliperine yönlendirerek balataların diske doğru itilmesini sağlar ve bu şekilde rotorun, dolayısıyla tekerleğin durdurulması mümkün olur. Mekanik disk frenlerde ise fren sistemi, kalipere bağlı telin çekilmesi yoluyla, janta monte edilmiş disk sıkıştırarak çalışır. Kullanıcı fren kolunu sıktığında, tel gerginleşir ve kaliper içindeki balatalar diske baskı uygulayarak frenlemeyi gerçekleştirir.

Bisikletlerde kullanılan disk frenli rotorlar, yüksek aşınma direnci nedeniyle genellikle çelik, ısı dağıtımı açısından ise alüminyum gibi malzemelerin yer aldığı kompozit yapılardan tercih edilmektedir [1]. Bu çalışmanın temel amacı, uygun malzeme seçimi ile mevcut ürünlerle karşılaştırıldığında üstün mekanik özelliklere sahip bir rotor geliştirmektir. Bu kapsamda, bilgisayar destekli katı modelleme yazılımları (CAD) kullanılarak rotor tasarımı yapılmış ve elde edilen prototip üzerinde sanal simülasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizler ve optimizasyon çalışmalarının ardından, rotorun üretiminde kullanılacak malzeme belirlenmiştir. Tasarım ve malzeme seçimi sonrası, mekanik ve hidrolik disk frenli rotorun prototipi hidrolik disk frenli bir bisiklete monte edilerek, ıslak ve kuru zemin koşullarında fren performansı test edilmiştir. Yapılan testler sonucunda, üretilen prototip rotorun muadillerine kıyasla daha üstün performans sergilediği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: bisiklet, disk frenli rotor, 420 paslanmaz çelik, 430 paslanmaz çelik, aa 7075-t6, fren testi

GİRİŞ

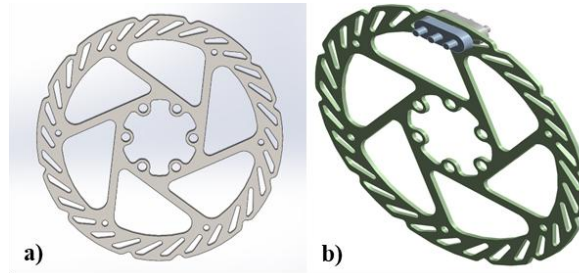
Rotor, genellikle disk fren sistemlerinin bir parçası olan döner bir disk şeklindedir. Bu disk, bisikletin tekerleğine monte edilmiş olan fren kaliperi tarafından sıkıştırılarak dönmesi engellenir ve böylece bisikletin hızının kontrol edilmesi sağlanır [2]. Uygulamada disk frenlerin hidrolik ve mekanik olmak üzere iki çeşidi bulunmaktadır. Mekanik disk fren, telle çekim ile frenleme sağlarken, hidrolik disk frende frenleme yağ pompalama ile gerçekleşir. Disk frenler frenleme kalitesi açısından V-frenlerden çok daha iyidir. Özellikle hava koşullarının kötü olduğu şartlarda örneğin yağışlı havalarda, topraklı ve kumlu zeminlerde disk frenin frenleme performansı daha iyidir. Bunun sebebi, V-frende pabuçlar ile jant arasına toprak, kum vb. cisim kaçması ya da yağışlı havalarda pabuçların ve jantın nemlenmesi frenleme kalitesini oldukça düşürür ve durma mesafesini artırır [3]. Disk fren sistemlerinde ise böyle bir dezavantaj söz konusu değildir. Kaliper içerisindeki balatalar ile diskin arasına bir cisim kaçması ya da hava

şartlarına bağlı olarak frenleme kalitesinin düşmesi mümkün değildir. Bu sebeple profesyonel bisiklet sürücülerinin fren tercihi her zaman disk frendir. Disk frenlerin çalışma prensibi, kaliper içerisindeki balataların rotoru paralel bir şekilde sıkıştırmasıyla frenleme yapılır [4]. Bisiklette rotorların en temel işlevi, frenleme performansını artırmaktır. Disk fren sistemleri, daha fazla frenleme gücü ve daha iyi ısı dağılımı sağlayarak, daha hızlı ve güvenli frenleme imkânı sunar. Rotorlar, fren kaliperleri tarafından sıkıştırıldığında, tekerleğin dönmesini engeller ve bisikletin yavaşlamasını sağlar. Bu sayede sürücüler, istedikleri anda güvenilir bir frenleme yapabilirler. Ayrıca, rotorlar bisikletin ağırlık dağılımını da etkileyebilir. Daha hafif ve daha sağlam rotorlar, bisikletin genel ağırlığını azaltarak sürüş deneyimini daha keyifli hale getirebilir. Rotorların şekli, yüzey özellikleri ve malzemesi de frenleme performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

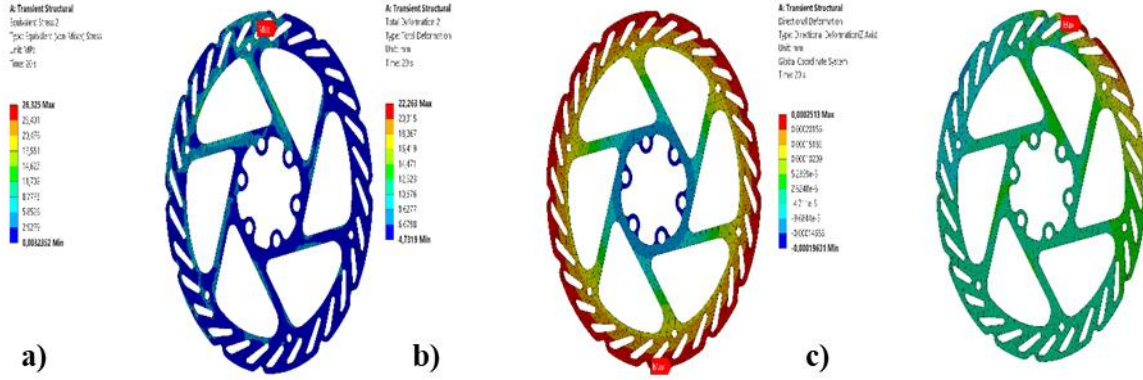
MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada ilk olarak mevcut bisikletlerde kullanılmakta olan rotor ele alınmıştır. Bu rotor 118 gram ağırlığında ve 420 kalite paslanmaz çelikten üretilmiştir. Rotorlar ağırlıkları, bisikletin toplam ağırlığını da etkilemektedir. Frenleme performansından kayıp yaşamadan rotor ağırlıklarının düşürülmesi sürüş deneyimine pozitif bir katkı sağlamaktadır. Rotorların şekli, yüzey özellikleri ve malzemesi de frenleme performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir [5]. Mevcutta kullanılan rotorun, sanal simülasyon ortamında, Z yönlü deformasyonu, toplam deformasyonu ve eşdeğer gerilmeleri analiz edilmiştir.

Şekil 1'de, mevcut kullanılan rotorun katı modeli ile sanal simülasyon ortamında frenleme esnasındaki mekanik davranışları modellenmiş ve incelenmiştir. Bu modelde fren kaliperleri ve rotorun dinamik etkileşimleri yer almaktadır.

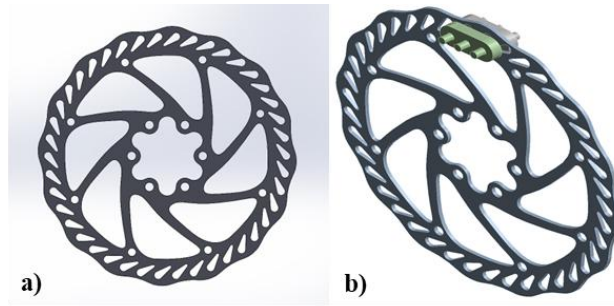


Şekil 4 a) Mevcut rotor katı modeli, b) Rotor katı modelinin frenleme sistemi modeli
Analize ait çıktıların sonuçları Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 5 a) Maksimum VonMises gerilmesi, b) Toplam deformasyon, c) Z yönlü deformasyon

Mevcut rotor tasarımı ile elde edilen analiz sonuçları değerlendirildiğinde daha yüksek performanslı rotor elde etmek için tasarım üzerinde gerekli iyileştirmeler yapılmıştır.

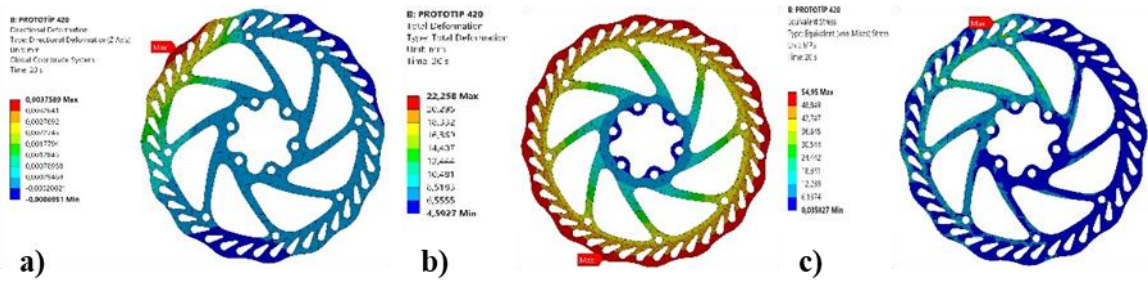


Şekil 6 a) Prototip rotor tasarımına ait katı model, b) Prototip rotorun frenleme sisteminin modellenmesi

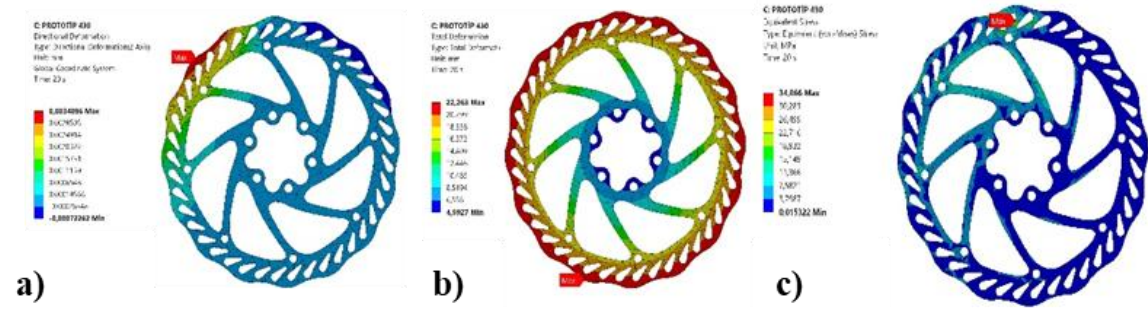
Tasarımında değişikliğe gidilerek yeni elde edilen prototip rotor tasarımında iyileştirmeler yapılmış, yeni bir rotor tasarımı elde edilmiştir.

Bu iyileştirmeler sonucunda, rotorun ağırlığı 8 gram hafiflemiş olup, mekanik özellikleri iyileşmiştir. Bu yeni tasarımda malzeme özellikleri değiştirilmeden, 420 kalite paslanmaz çelik malzeme kullanılarak, tekrar sanal simülasyon ortamında frenleme esnasındaki davranışları modellenerek parçanın mekanik davranışları incelenmiştir.

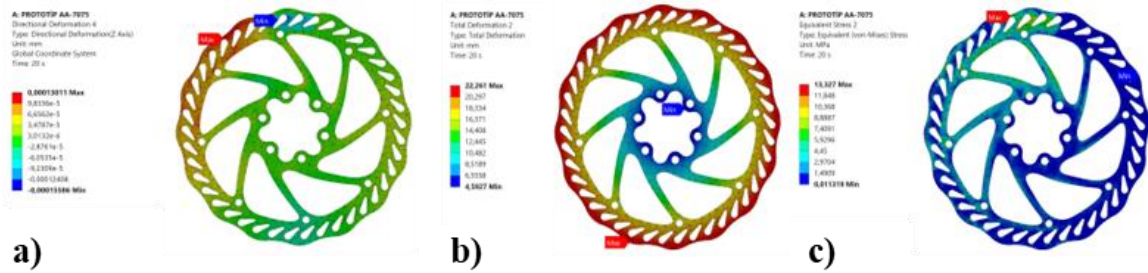
Analize ait çıktıların sonuçları Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 7 a) Z yönlü deformasyon, b) Toplam deformasyon, c) Maksimum VonMises gerilmesi
Ardından, bu tasarımda malzeme atamaları yaparak, tasarıma ait en ideal malzeme seçimi için analizler yapılmıştır. Analizde kullanılan malzemeler 430 kalite paslanmaz çelik ve AA-7075 kalite alüminyum malzemedir.



Şekil 8 430 kalite paslanmaz çelik için a) Z yönlü deformasyon, b) Toplam deformasyon, c) Maksimum VonMises gerilmesi



Şekil 9 7075-T6 Alüminyum hammaddeli rotorun; a) Z yönlü deformasyon, b) Toplam deformasyon, c) Maksimum Von Mises gerilmesi

Analiz sonuçları değerlendirilerek, prototip tasarıma ait, 430 kalite paslanmaz çelikten rotor imal edilmiştir. Ve bu prototip rotor ve referans alınan rotor kullanılarak ISO 4210 [6] standartlarına uygun olarak fren saha testleri yapılmıştır.

Tablo 1 Fren saha testi sonuçları

Model	Sürücü ağırlığı (kg)	Koşul	Hız (Km/saat)	Kullanılan fren	Düzeltilmiş azami fren mesafesi (m)	Test sonucu (m)	Sonuç
-------	----------------------	-------	---------------	-----------------	-------------------------------------	-----------------	-------

Referans Rotor	70	KURU	25	Ön-Arka Birlikte	6	5,665	OK
				Sadece Arka	10	7,5	OK
	70	ISLAK	16	Ön-Arka Birlikte	5	4,5125	OK
				Sadece Arka	10	7,325	OK
Prototip Rotor	70	KURU	25	Ön-Arka Birlikte	5	5,75	OK
				Sadece Arka	10	7,72	OK
	70	ISLAK	16	Ön-Arka Birlikte	5	4,61	OK
				Sadece Arka	10	7,45	OK

SONUÇ

Bu çalışmada, bisikletlerde kullanılan disk frenli rotorlar için daha hafif ve yüksek performanslı bir rotor tasarımı yapılmış, prototip imalatı gerçekleştirilmiştir. Mevcut rotor tasarımında yapılan iyileştirmeler sonucunda rotor ağırlığı 8 gram hafiflemiş ve mekanik özellikler iyileştirilmiştir. Ayrıca, farklı malzemelerle yapılan analizler sonucunda 430 kalite paslanmaz çelik ve AA-7075 alüminyum malzemeler arasında 430 kalite paslanmaz çeliğin daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. ISO 4210 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilen saha testlerinde prototip rotorun, benzerlerine göre daha yüksek fren performansı sergilediği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, geliştirilmiş rotor tasarımının bisiklet sürüş güvenliğini ve frenleme verimliliğini artırmada önemli bir katkı sağladığını göstermektedir.

KAYNAKLAR

- [1]S. Singh, M. Yadav, and D. Chaurasia. "Thermal static structural coupled analysis of disc brake rotor using Al-MMC." AIP Conference Proceedings, vol. 2653, no. 1, 020014, 2023. DOI: 10.1063/5.0115485
- [2] R, Venkatramanan& Sb, Kumaragurubaran& C, Vishnu&Sivakumar, Sourav&Boobalan, Saravanan. (2015). Design and Analysis of Disc Brake Rotor. International Journal of Applied Engineering Research. 10. 14558-14562.
- [3]Norman, P. (n.d.). Bike brakes explained: disc brakes vs rim brakes vs V-brakes. <https://www.bikeradar.com/advice/buyers-guides/bike-brakes>
- [4] Borse, A. P. (n.d.). Design and Analysis of Brake Rotor (DISC). International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 06(08).
- [5]Shahril, K. &Ridzuan, M. &Mohamad Sidik, Mohamad Sabri. (2014). Thermal Effects of Disc Brake Rotor Design for Automotive Brake Application.
- [6]ISO 4210-2:2015: Bisikletler — Bisikletler için güvenlik gereksinimleri

Konik Yapı Gereksinimi Duymayan Hassas Debi Geçişine Sahip Gaz Musluğu Tasarımı ve Geliştirilmesi

İsa GÜN, Turaş Gaz Armatürleri

isa@turas.com

ÖZET

Geleneksel konik yapı yerine diskli bir sistem kullanarak gaz musluklarının performansını artırmayı, yağ tıkanmalarını önlemeyi ve musluk ömrünü uzatmayı amaçlamaktadır. Disk yapısı, gaz akışını düzenlerken yüksek aşınma, mukavemet ve sıcaklık direncine sahip özel malzemelerden üretilmiştir. Bu yenilikçi tasarım, evsel pişiricilerde kullanılan gaz muslukları için sektörde benzersiz bir çözüm sunmakta ve dayanıklılığı artırarak uzun ömürlü kullanım sağlamaktadır. Proje, sektörde rekabet avantajı yaratmayı ve inovasyon liderliği hedeflemektedir.

GİRİŞ

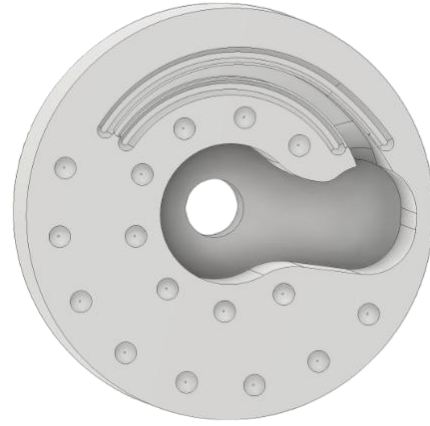
Evsel gaz pişiricilerinde kullanılan gaz musluklarının tasarımı, güvenli ve verimli bir kullanım sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır. Geleneksel gaz muslukları genellikle gaz akışını kontrol etmek için konik yapı kullanılır. Ancak bu tasarımlar aşınma ve yağ tıkanması gibi performans sorunlarıyla karşılaşabilir ve musluğun ömrünü kısaltabilir. Bu proje kapsamında geliştirilen “konik yapı gereksinimi duymayan hassas debi geçişine sahip gaz musluğu” yenilikçi bir disk sistemi ile bu sorunların üstesinden gelmeyi hedeflemektedir. Yeni tasarımında geliştirilme süreci ve beklentiler detaylandırılmaktadır.

Literatür Taraması

Geleneksel gaz muslukları, gaz akışını düzenlemek için erke konik bir yapı kullanır. Ancak bu yapı, aşınmaya ve yağ tıkanmasına karşı hassastır, bu da musluğun ömrünü ve performansını olumsuz etkiler. Yapılan çalışmalar, gaz musluklarının dayanıklılığını artırmak için çeşitli malzemeler ve tasarımlar üzerine yoğunlaşmıştır. Sektörde mevcut olan konik yapılardan tamamen bağımsız, disk tabanlı bir sistem sunarak önemli bir yenilik getirmektedir. Yüksek aşınma direnci ve sıcaklığa dayanıklı malzemelerin kullanıldığı disk yapısı, gaz akışını daha hassas bir şekilde düzenlerken, uzun ömürlü kullanım sağlamaktadır.



Sabit Disk



Hareketli Disk

Metodoloji

Önerilen gaz musluğu tasarımı, konik yapının yerini bağımsız bir disk sistemi ile değiştirmektedir. Bu disk yapısı, aşınmaya, yüksek basınca ve sıcaklığa karşı dayanıklı özel malzemelerden üretilmiş olup, entegre edilen ek kanallar sayesinde yağ birikimini önleyerek musluğun performansını optimize etmektedir.

Proje, iki ana iş paketi çerçevesinde yürütülmektedir:

Yeni Ürün Tasarım Süreci

Yeni ürün tasarım süreci kapsamında, mevcut gaz musluğu tasarımı detaylı bir şekilde gözden geçirilerek optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Gaz akışının daha verimli bir şekilde kontrol edilmesi amacıyla CFD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) analizi gerçekleştirilmiş, tasarımın gaz akış performansını artırmak ve olası hataları önlemek adına D-FMEA (Tasarım Hata Türleri ve Etkileri Analizi) çalışması yapılmıştır. Projenin maliyet etkinliğini sağlamak amacıyla maliyet analizleri gerçekleştirilmiş ve tasarım sürecinde karşılaşılan tolerans sorunları çözüme kavuşturularak nihai tasarım tamamlanmıştır. Tüm bu çalışmalar, yeni gaz musluğunun dayanıklılık, verimlilik ve uzun ömürlü kullanım hedeflerine ulaşması için yapılmıştır.

Prototip Süreci ve Testler

Prototip süreci ve testler kapsamında, öncelikle prototip üretimi için gerekli hazırlıklar yapılmış ve bu aşamada tasarımın üretime uygunluğu gözden geçirilmiştir. Ardından prototip üretimi gerçekleştirilmiş ve üretilen prototip üzerinde çeşitli testler yapılmıştır. Bu testlerde gaz musluğunun performansı, dayanıklılığı ve uzun ömürlü kullanım kapasitesi değerlendirilmiştir. Test sonuçlarının başarılı olmasıyla birlikte, numune üretimi aşamasına geçilmiş ve bu numuneler üzerinden son değerlendirmeler yapılmıştır. Bu süreç, ürünün hem teknik gereksinimlere hem de pazara uygunluğunu sağlamak için titizlikle yürütülmüştür.

TASARIM VE YENİLİKÇİ YÖNLER

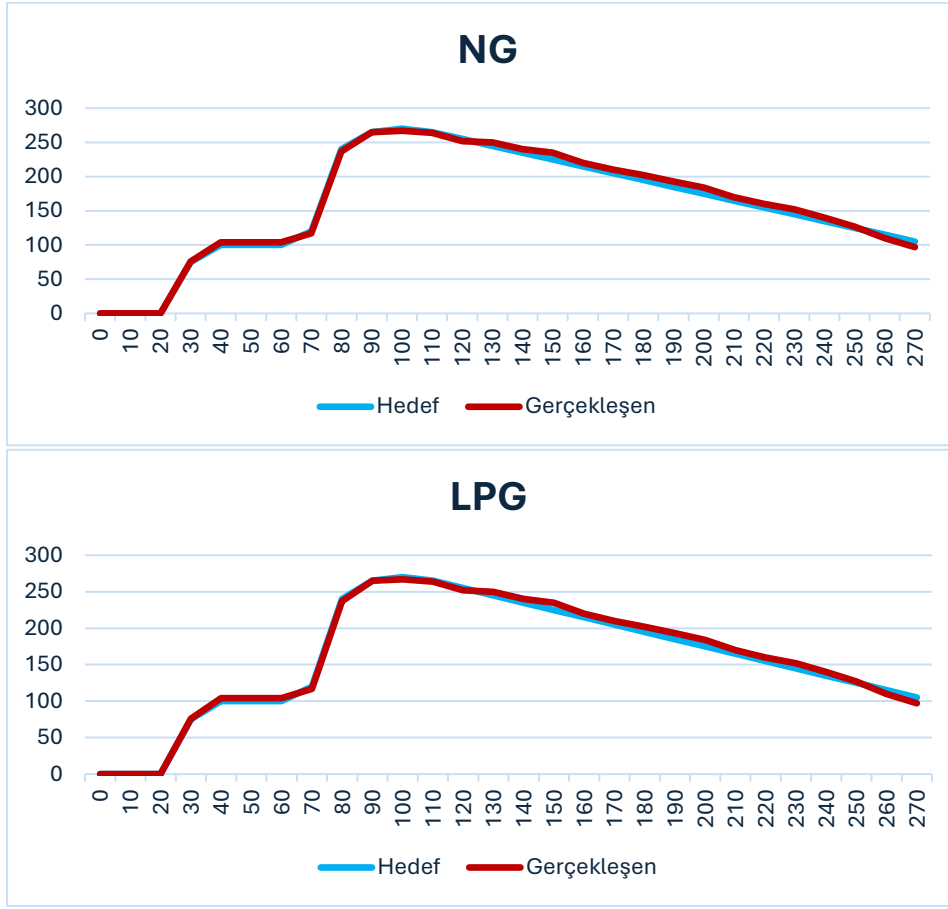
Projenin en yenilikçi yönü, konik yapı yerine bağımsız bir disk tasarımına geçilmesidir. Yüksek aşınma direncine, mukavemet direncine ve sıcaklığa dayanıklı özel malzemelerle üretilen bu disk yapısı, gaz akışını daha etkili bir şekilde kontrol eder. Ayrıca, ek kanallar sayesinde yağ birikiminin önüne geçilerek musluğun performansı ve ömrü artırılmaktadır.

Tasarımın öne çıkan özellikleri arasında, ilk olarak malzeme inovasyonu dikkat çekmektedir; yüksek aşınma direncine, mukavemet direncine ve sıcaklığa dayanıklı seramik ve alaşım gibi özel malzemelerin kullanılması, musluğun ömrünü önemli ölçüde uzatmıştır. Bunun yanı sıra, disk yapısının optimize edilmiş gaz akış kontrolü sağlaması, gazın hassas bir şekilde düzenlenmesine olanak tanımış ve bu özellik özellikle evsel pişiricilerde güvenli ve verimli kullanım sunmuştur. Son olarak, disk üzerinde yer alan entegre kanallar sayesinde yağ tıkanmasının önlenmesi, musluğun düşük bakım gereksinimi ile uzun süreli performans göstermesini sağlayarak kullanıcılar için daha pratik ve dayanıklı bir çözüm sunmuştur.

SONUÇLAR

Projenin sonuçları arasında ilk olarak geliştirilen diskli yapı ve entegre kanallar sayesinde gaz musluğunun performansının optimize edilmesi, daha etkili ve güvenilir bir gaz akışı sağlaması öne çıkmaktadır. Ayrıca, özel malzemelerin kullanımı ve yağ tıkanmasını önleyen özellikler sayesinde musluğun ömrü önemli ölçüde uzatılmış ve uzun vadeli kullanım garantilenmiştir. Yüksek aşınma, mukavemet ve sıcaklık direncine sahip malzemelerin kullanılması, musluğun zorlu çalışma koşullarına karşı dayanıklılığını artırmıştır. Proje aynı zamanda sektörde rekabet avantajı yaratarak kullanıcılara yüksek performanslı bir çözüm sunmuş ve inovasyon yolunda sektörde bir ilk olmuştur. Yağ tıkanmama özelliği sayesinde musluk, düşük bakım gerektiren, kullanıcı dostu ve maliyetleri düşüren bir ürün olarak piyasaya sunulmaya hazır hale gelmiştir.

Prototip üretiminde ortaya çıkan ürün test edildiğin NG ve LPG gazları için aşağıdaki debi sonuçları alınmıştır.



Bu veriler doğrultusunda proje çıktısı olan ürün, pişirici grubundaki ocak ve fırınlar için hedeflenen debi geçişlerini sağladığı görülmüştür.

YEŞİL ENERJİ

Vinç Sistemlerinde Hareketin Yenilenebilir Enerji Entegrasyonu ile Güneş Panelleri Aracılığıyla Sağlanması

Samet Dönerkaya, BVS Bülbüloğlu Vinç Ar-Ge Merkezi

Kanay Zeyrek, BVS Bülbüloğlu Vinç Ar-Ge Merkezi

Umut Aslan, Gazi Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

s.donerkaya@bvs.com.tr; k.zeyrek@bvs.com.tr; omid.aligholipour@gazi.edu.tr

ÖZET

Bu proje, ekipman ve malzemelerin taşınmasında kritik öneme sahip vinç sistemlerine odaklanarak, ekonomik kalkınmayı destekleyen ve endüstriyel uygulamalara yeşil teknolojilerin entegrasyonunu sağlayan sürdürülebilir enerji çözümlerini kapsamaktadır. Vinçler, yükün ağırlığına bağlı olarak önemli miktarda enerji tüketmektedirler. Bu nedenle BVS Ar-Ge Merkezi tarafından yürütülen bu çalışmada, portal vinç sistemlerinin enerji ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla fotovoltaik (PV) modüller kullanan bir vinç sistemi geliştirmeyi hedeflemektedir. Yapılan tasarımda hem elektriksel hem de mekanik mühendislik çalışmaları yürütülmüştür. Vinç sistemlerinin hareketleri esnasında oluşan titreşim etkilerine karşı dayanımları artırılmış, PV modüllerinin uzun ömürlü ve verimli çalışması sağlanmıştır. Ayrıca, bu sistem sadece enerji tüketimini azaltmakla kalmamakta, aynı zamanda elde edilen enerjinin depolanarak daha sonra kullanılmasına imkan tanıyan yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Bu çalışma, PV modüllerinin vinç yapısına entegrasyonu ile güneş enerjisinden yararlanmayı, geleneksel enerji kaynaklarına bağımlılığı azaltmayı, çevresel etkileri en aza indirmeyi ve operasyonel verimliliği artırmayı amaçlamaktadır.

Anahtar kelimeler: güneş paneli, sürdürülebilirlik, vinç, yenilenebilir enerji

GİRİŞ

Vinç sektörü; demir-çelik, enerji, otomotiv, liman terminallerinde, madencilik işletmelerinde, lojistik ve diğer endüstriyel alanlarda ekipman ve malzemelerin taşınmasında önemli bir rol oynamaktadır. Vinç sistemleri operasyonel olarak yük kaldırmak ve taşımak amacıyla büyük miktarda enerji tüketirken, gereken enerji miktarı yükün ağırlığına bağlı olarak doğrudan orantılıdır. Sürdürülebilir yeni nesil enerji çözümleri, endüstriyel uygulamalarda çeşitli yenilenebilir kaynakların kullanımıyla hem firmaların ekonomik kalkınmasını, hem de yeşil enerji dönüşüm sistemlerinin ürünlere entegrasyonu ile sürdürülebilir çevre dostu ürünlerin elde edilmesini desteklemektedir. Özellikle limanlardaki vinçler başta olmak üzere sera gazı salınımını azaltmak amacıyla Avrupa Konseyi, 2030 yılına kadar %30 enerji verimliliği ve %27 yenilenebilir enerji penetrasyonu hedefini koymuştur. Yeşil liman terminali konseptinde iklim etkisinin azaltılması, kirlilik düzeyinin düşürülmesi, yenilenebilir enerji kullanımının artırılması ve enerji tüketiminin en aza indirilmesi gibi örnek nitelikler temel hedeflerdir [1].

Yüksek tonaj kapasitesine sahip vinçler için rejeneratif ve enerji depolama sistemleri [2, 3] gibi farklı yöntemler kullanarak daha az enerji tüketimi yapan vinç tasarım konfigürasyonları gerçekleştirilmiştir. Rejeneratif enerji, frenleme sırasında motorlarda açığa çıkan kinetik enerjinin tekrar elektrik enerjisine dönüştürülmesini sağlayan enerji sistemleridir. Vinçlerde rejeneratif frenleme tekniği yaklaşımı küçük boyutta ve kaldırma kapasitesi düşük olan vinç sistemleri için yetersiz kalmaktadır.

Yenilenebilir enerjinin yaygınlaşması ve ilk yatırım maliyetlerinin zamanla daha erişilebilir hale gelmesi, bu teknolojilerin farklı sektörlerde kullanımını artırmıştır. Kurse ve Shimekit [4], PV modülü entegre ederek bir hidrolik kol tasarımı gerçekleştirmişlerdir. Çalışma kapsamında yalnızca simülasyon analizine yer verilmiş, düşük kaldırma kapasitesine sahip bir hidrolik sistem geliştirilmiş ve PV panellerin araziye yerleştirilmesi üzerinde durulmuştur. Bu projenin odak noktası, açık saha portal vinç sistemleri başta olmak üzere yükü taşıyan araba (trolley) yürütme grubu hareket kabiliyetleri için gerekli enerji ihtiyacının fotovoltaiik (PV) modüller kullanılarak karşılanan bir vinç sisteminin kavramsallaştırılması ve uygulanmasını kapsamaktadır. Vinç konstrüksiyonuna entegre edilen PV modülleri vasıtasıyla doğrudan güneş enerjisinden yararlanılması, geleneksel enerji kaynaklarına olan bağımlılığın azaltılması, çevresel etkilerin minimize edilmesi ve vinç operasyonlarının genel verimliliğinin artırılması hedeflenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının bazı çalışmalarda önerilmiş olmasının yanı sıra yükün taşınması sırasında operasyonel olarak hareket süreçlerinin enerjisini karşılaması amacıyla PV modüllerinin vinç sistemine entegrasyonu ilk kez bu çalışmada sunulmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Sistemsal olarak güneş panellerinin maksimum verimle çalışabilmesi ve en yüksek enerjiyi sağlayabilmeleri açısından konstrüksiyona optimal açıda eğim verilmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen bulgulara bakıldığında, konumlandırılacak Ankara lokasyonu için en uygun güneş paneli açısı 8 ila 60 derece arasında olduğu tespit edilmiştir[5]. Bu nedenle vinç sistemi özelinde daha rijit ve mukavemetli bir konstrüksiyon oluşturmak amacıyla panel açısı 10 derece olarak belirlenmiştir. Konumlandırma açısına bağlı olarak yerleştirilebilecek en uygun lokasyon kiriş konstrüksiyonlarının üst tarafı olarak belirlenmiştir. Bu konumlandırma; bir taraftan 10 derecelik açıyı yakalayabilme fırsatı sağlarken, diğer taraftan vinç ve araba hareketi yüzünden oluşan titreşimlere minimum seviyede maruz kalınacaktır. Bu sebeple her ihtimale karşı titreşimleri asgari düzeye indirgeyebilmek amacıyla panelleri taşıyacak kiriş konstrüksiyonu bağlantı plakaları demonte cıvatalı bağlantı olacak şekilde planlanmıştır. Bu sayede, bağlantı plakalarının arasına titreşim sönümleyici elastik kauçuk katkılı malzemelerin eklenmesi mümkün kılınmıştır. Ayrıca arabanın hareketi sırasında herhangi bir engel oluşmaması için enerji nakil hattı görevi gören geleneksel feston kablo hattı yerine hareketli kablo kanalı (cable track) kullanılacaktır. Diğer taraftan platform üzerine gelecek pano ve akü ekipmanlarının ağırlıklarının sorunsuz taşınabilmesi için lineer statik sonlu elemanlar analiz çalışmaları yürütülmüştür.

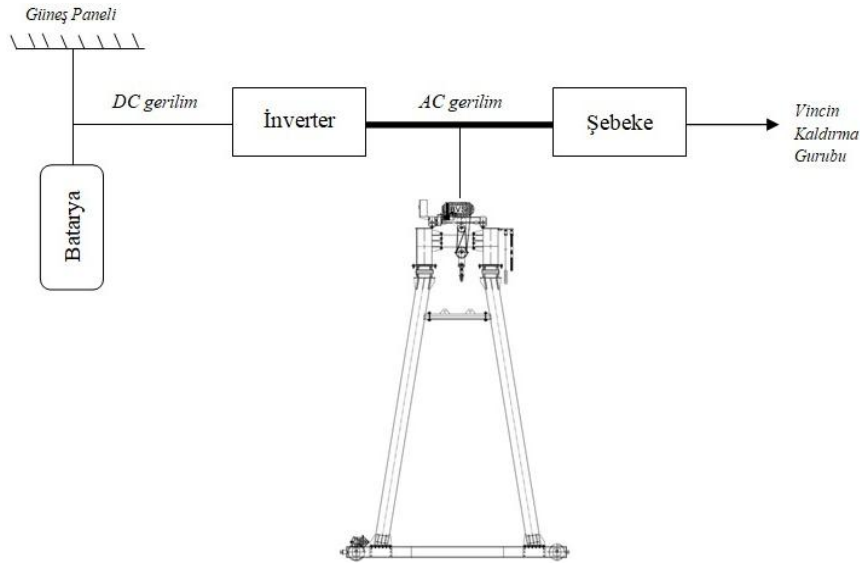
Tablo 1 de belirtildiği üzere, kiriş span açıklığı (araba yürüme mesafesi) 20600 mm, kaldırma kapasitesi 16000 kg ve kaldırma yüksekliği 8000 mm olarak PV modüllerinin entegre edilerek deneysel Ar-Ge çalışmalarının yürütüleceği ve bunun yanı sıra PV modüllerinin gün boyunca güneş ışınımını en verimli şekilde yakalayacak açıda stratejik bir konum ve lokasyonda olan optimum portal vinç belirlenmiştir. Bu tasarım sadece mevcut alanın etkin kullanımını sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda ek altyapı ihtiyaçlarını da minimum seviyeye indirgeyerek sorunsuz bir entegrasyon süreci sunmaktadır.

Kaldırma Kapasitesi	16000 kg	
Kaldırma Yüksekliği	8000 mm	
Araba Yürüme Mesafesi	20600 mm	
Portal Yürütme Motoru	<i>Gücü</i>	2,2 kW
	<i>Hızı</i>	1500 rpm
	<i>Adet</i>	2
	<i>Kalkış Akımı</i>	5,1 A

Araba Yürütme Motoru	<i>Anma Akımı</i>	2,6 A
	<i>Gücü</i>	0,75 kW
	<i>Hızı</i>	1398 rpm
	<i>Adet</i>	1
	<i>Kalkış Akımı</i>	4,8 A
	<i>Anma Akımı</i>	1,3 A

Tablo 1 Portal Vinç Sistemi Teknik Özellikleri

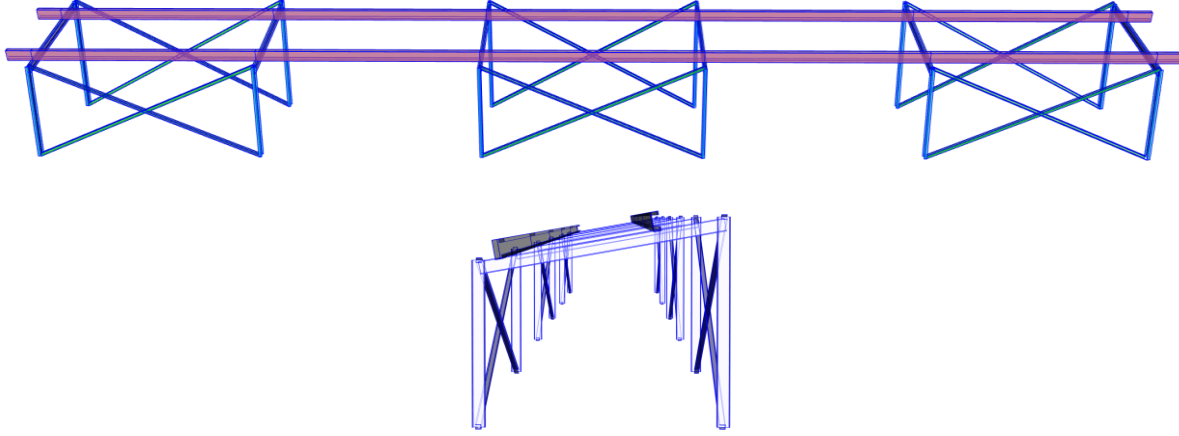
Vinç sistemine entegre edilen PV modülleri, güneş enerjisinden elektrik üretimini sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Bu süreçte, PV modüllerinin vinç yapısına entegrasyonu ve enerji verimliliği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen veriler, operasyonların sürdürülebilirliğine katkı sağlamayı hedefleyen bir Ar-Ge çalışmasının parçasıdır. Önerilen çalışmanın şematığı Şekil 1 de gösterilmiştir. PV modülleri tarafından sağlanacak enerji, DC-DC dönüştürücü (inverter) aracılığıyla akülerde depolanacaktır. Motor sürücülerinin ihtiyaç duyduğu AC gerilim, 16 A maksimum çalışma akımına sahip DC-AC inverter çıkışından sağlanacaktır. Güneş ışık seviyesinin düşük olduğu özellikle akşam ve gece saatlerinde veya PV modüllerinin ve bataryaların çalışma esnasında yeterli enerjiyi besleyemediği durumlarda vinç sisteminin çalışabilmesi için gereken enerji şebekeden temin edilmek suretiyle diğer bir deyişle hibrit entegre sistem olarak tasarlanmıştır.



Şekil 1 Güneş Sistemi Tasarımının Elektrik Devre Şeması.

Portal vinç yürütme sistemi ve araba grubu yürütme hareketleri, yükün kaldırılma prosesinde kullanılan motorlara nazaran şebekeden fazla güç gereksinimi gerektirmediğinden daha düşük güç ve tork değerine sahip motorlar kullanılmaktadır. Bu nedenle uygun sayıda PV modülü, depolama sistemi ve inverter tipinin seçimi ve uygulanması proje kapsamında analiz edilmiştir. Hali hazırdaki projede portal vinç ve arabanın hareketleri sırasıyla 2,2 kW ve 0,75 kW güce sahip motorlar aracılığıyla sağlanmaktadır. Ayrıca her birisi için sırasıyla 5,5 kW ve 1,1 kW motor sürücülerini güç sistemine entegre edilmiştir. PV modül sayısının belirlenmesi sırasında tam yük durumunda ani akım çekilmesi durumu hesaplamalara dahil edilmiştir. Motor

özellikleri dikkate alınarak, 18 adet 500W_p PV modülü hem gerekli enerji miktarını sağlayacak, hem de portal vinç üzerindeki alanın en iyi şekilde kullanılmasını mümkün kılacaktır. Bu bağlamda elektrik motorlarının spesifik teknik özelliklerine bağlı olarak mühendislik hesaplamaları yapılmış ve belirlenen yöntemin elektrik devre şemaları çizilmiştir.

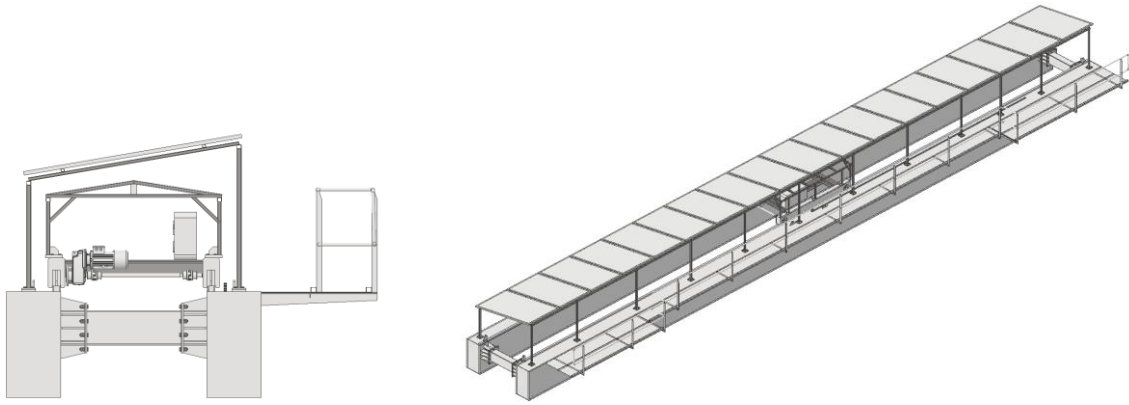


Şekil 2 Kiriş Üzeri PV Modül Taşıyıcı Konstrüksiyonu.

Taşıyıcı Eleman	Kesiti	Cins / Kalite
Kesiti	IPE 120	Çelik / S235 (ST37)
Kolon	CF-150x55x30x2,5 mm	Cold Form / CF-S355
IPE 120	CF-40x45x2,5 mm	Cold Form / CF-S355
Çelik / S235 (ST37)	3mm ve 2.5mm	Çelik / S235 (ST37)
Kiriş	Orta ve Kenar Clamp	Alüminyum / 6063-T66
IPE 120	M8, M10 ve M12	Paslanmaz / A2-70 DIN 933, DIN 934, DIN 125A, DIN 127 Minimum Yield Strength: 450 MPa Minimum Tensile Strength: 700 MPa

Tablo 2. Çelik Konstrüksiyon ve Taşıyıcı Elemanların Malzeme Özellikleri

PV taşıyıcı konstrüksiyonunun tasarımı PV modüllerinin, hareket sırasında zarar görmesini önlemek amacıyla daha güvenilir ve emniyetli hale getirilmiş ve titreşimi en aza indirmek maksadıyla özel malzemeler ve titreşim sönümleyici bağlantılarla desteklenmiştir. Taşıyıcıların kolon ve kiriş malzeme özellikleri ise Tablo 2'de verilmiştir. Önerilen sistemin tasarlanabilmesi için PV şasesinin alanı, yapının ve PV modüllerin ağırlıkları gibi bazı kısıtlamaları göz önünde bulundurarak tasarımın operasyonel prosesi gerçekleştirilmiştir. Şekil 3'te gösterildiği gibi, PV modülleri vinç kirişlerinin üzerine yerleştirilecek şekilde ve 10 derece açıyla konumlandırılmıştır.



Şekil 3 PV Modül Şasesi Konumlandırma Perspektifi

SONUÇ

Fotovoltaik modüllerin vinç sistemlerine entegrasyonunu taşıyan bu yenilikçi yaklaşım, geleneksel enerji kaynaklarına uygulanabilir bir alternatif sunarken, aynı zamanda çevresel olumsuz etkilerin azaltılması hedeflenmektedir. Bu çalışmada PV modüllerin vinç sistemlerine entegre edilebilme olasılığı ele alınmıştır. Bu yaklaşım özelinde uygulamaya yönelik ilk girişim, hareket sırasında titreşimi azaltan güçlü bir konstrüksiyon şasi yapısı oluşturmaktır. Güneş panellerinin yerleşeceği konstrüksiyonu ve akü ile elektrik panolarının yerleştirileceği platformun lineer statik sonlu elemanlar analizleri gerçekleştirilmiştir. Vinç ve arabanın hareketi için gerekli güç gereksinimleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlara göre 18 adet 500 W_p PV modül ihtiyacının kurulacak sistem için yeterli olduğu tespit edilmiştir.

Hibrit olarak tasarlanan sistemde PV'den elde edilen enerji bataryalarda depolanacak ve vinç sisteminin hareketinden kaynaklı gereken güç yine mevcut bataryalardan çekilecektir. Önerilen sistem teorik olarak analiz edilse de uygulama ve deneysel çalışmalar sonrasında daha verimli sonuçlar elde edilecektir. Vinç sistemine entegre edilecek güneş panelleri ve konstrüksiyonun maliyeti düşünüldüğünde, ilk yatırımın ortalama 10 yıl sonra geri ödenmesi öngörülmektedir. Ancak referans alınan projenin vinç sistemi kaldırma grubu enerji gereksinimleri baz alındığında; ortalama aylık yaklaşık 3600 kWh elektrik tüketimi yapılmaktadır. Bu çalışma kapsamında yapılan hesaplamalar sonucunda önerilen modelin vinç kaldırma grubuna uygulanmasıyla ilave olarak yaklaşık %33'lük bir ek tasarruf sağlanacak ve yaklaşık 6,5 senede ilk yatırım maliyetleri geri karşılanacaktır. BVS Ar-Ge Merkezi kapsamında yürütülen bu çalışma yeşil dönüşüm ve yeşil enerjiye geçiş çerçevesinde ileriye dönük vinç sektörü başta olmak üzere yeşil enerjinin kullanımını teşvik ederek, yeni nesil çevre dostu ürün geliştirilmesi ve sektördeki kuruluşlara bu alanda fikir ve ilham vermesi hususunda katkı sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Iris, Ç.; Lam, J.S.L. (2019). A Review of Energy Efficiency in Ports: Operational Strategies, Technologies and Energy Management Systems. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 112, 170–182.
- [2] Vlahopoulos, D., & Bouhouras, A. S. (2022). Solution For RTG Crane Power Supply With The Use Of A Hybrid Energy Storage System Based On Literature Review. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52, 102351.
- [3] Kermani, M., Parise, G., Martirano, L., Parise, L., & Chavdarian, B. (2019). Utilization Of Regenerative Energy By Ultracapacitor Sizing For Peak Shaving In STS Crane. In *2019 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2019 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe)* (pp. 1-5). IEEE.

- [4] Kurse, T. K. & Shimekit, Y. A. (2021). Design of Solar Powered Mini Hydraulic Crane for Light Weight the Case of Mettu Area. *Journal of Offshore Structure and Technology*, 8(3), 65-70.
- [5] Aydın, M. (2020). Türkiye Koşullarında Güneş Panelleri İçin Optimum Sabit Ve Ayarlanabilir Eğim Açılarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Türkiye.

Su Kaydıraklarında Enerji Verimliliği ve Aydınlatma Çözümleri

Yusuf UZUN, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Seydişehir AC Mühendislik Fakültesi
Hüseyin ARIKAN, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Seydişehir AC Mühendislik Fakültesi
Nazmi TÜKRHAN, Polgün Waterpark&Attractions
Dila YAZ, Polgün Waterpark&Attractions

yuzun@erbakan.edu.tr, harikan@erbakan.edu.tr, nazmi.turkhan@polgun.com,
dila.yaz@polgun.com

ÖZET

Günümüzde su kaydırakları, açık ve kapalı kaydıraklar, tüp kaydıraklar, hız ve roket kaydırakları gibi farklı türlerde üretilmektedir. Özellikle kapalı veya tüp kaydıraklar, kullanıcılar arasında popüler olsa da, karanlık ortam nedeniyle yeterli kullanım oranına ulaşamamaktadır. Bu sorunu çözmek için çeşitli elektrik aydınlatma çözümleri kullanılmaktadır, ancak bunlar yüksek maliyet ve uygulama zorlukları yaratmaktadır. Çalışmamız, kapalı kaydıraklardaki aydınlatma sorunlarını çözmek ve enerji verimliliğini artırmak amacıyla floresans mineralleri kullanarak doğal aydınlatma yöntemleri sunmayı hedeflemektedir.

Floresans mineraller, ışığı emerek enerji depolar ve daha sonra bu enerjiyi yayarak doğal aydınlatma sağlar. Bu yöntem, hem enerji tüketimini azaltmakta hem de kullanıcı deneyimini iyileştirmektedir. Çalışmamız, floresans minerallerin farklı tür ve konsantrasyonlarının incelenmesini, RTM yöntemiyle üretilen kaydırakların uzun vadeli performansının değerlendirilmesini ve bu teknolojilerin diğer eğlence yapılarında uygulanabilirliğini kapsamaktadır.

Anahtar Kelimeler: enerji verimliliği, su kaydırakları, floresans mineraller, sürdürülebilirlik, Polgün

GİRİŞ

Su kaydıraklarının tarihi 1920'lere dayanmakta olup, ilk modern su kaydıracağı 1940'larda Amerika Birleşik Devletleri'nde inşa edilmiştir[1]. O günden bu yana su kaydırakları, teknolojik gelişmeler ve mühendislik yenilikleriyle daha güvenli, büyük ve çeşitli hale gelmiştir. Günümüzde su kaydırakları, açık, kapalı tüp, kulvarlı, roket ve hız kaydırakları gibi birçok farklı türde üretilmektedir.

Bu çalışmada, özellikle kapalı veya tüp kaydıraklardaki aydınlatma sorunlarına çözüm bulmak amaçlanmıştır. Kapalı kaydıraklar, kullanıcıya heyecan verici bir deneyim sunmakla birlikte, yetersiz aydınlatma nedeniyle konforu olumsuz etkileyebilmektedir. Geleneksel elektrik aydınlatma çözümleri, yüksek maliyet, elektrik tesisatı riskleri ve bakım zorlukları gibi sorunlar yaratmaktadır. Ayrıca, su parklarının gece kullanımı enerji tüketimini artırarak işletme maliyetlerini yükseltmekte ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine zarar vermektedir.

Çalışmanın amacı, enerji verimliliğini artırmak ve kapalı kaydıraklardaki aydınlatma sorunlarını çözmek için floresan minerallerin kullanımını araştırmaktır. Floresan mineraller, ışığı absorbe edip depolayarak doğal aydınlatma sağlayan bileşiklerdir. Bu yenilikçi yöntem, enerji tüketimini azaltmakta ve kaydırakların estetik ve güvenlik özelliklerini geliştirmektedir.

Çalışmamız, floresan minerallerin su kaydıraklarına entegrasyonunu ve uzun vadeli performansını incelemiştir. Sonuç olarak, bu yaklaşımın hem kullanıcı deneyimini iyileştirdiği hem de enerji verimliliğini artırdığı görülmüştür.

KAYDIRAK TÜRLERİ

Açık Kaydıraklar

Klasik su kaydırakları olarak bildiğimiz açık kaydıraklar ziyaretçilerin kayma esnasında çevreyi izleyebilmesine imkan tanımaktadır. Aile dostu parklar ve çocuklar için ideal olup her yaştan ziyaretçi için uygundur. Geniş bir perspektif sunan bu kaydıraklar, parkın genel estetiğine katkı sağlayarak su parklarında vazgeçilmez bir eğlence unsurudur[2].



Şekil 1 Açık kaydırak

Kapalı (Tüp) Kaydıraklar

Tüp şeklinde kapalı yapıları olan, içi tamamen karanlık ya da kısmi aydınlatmalı kaydırak türüdür. Bu kaydıraklar, ışık ve ses efektleri eklenerek ziyaretçilere heyecan verici bir atmosfer yaşatmaktadır. Kapalı kaydıraklar, iç yapısı itibarıyla dışarıdan tamamen izole bir kayma deneyimi sunmaktadır. Bu kaydıraklarda kullanılan teknoloji sayesinde, karanlık, ışık oyunları veya LED sistemleri gibi unsurlar eklenerek deneyim daha da ilgi çekici hale getirilmektedir.



Şekil 2 Kapalı (Tüp) kaydırak

Kulvarlı Kaydıraklar

Rekabetçi bir eğlence deneyimi sunan kaydırak türüdür. Bu kaydıraklarda birden fazla paralel kulvarlarda biren fazla kişinin aynı anda kayabildiği kaydıraklardır. Yarışma odaklı eğlenceler için tasarlanmış olup, genellikle çocuklar ve gençler arasında popülerdir. Kullanıcılar birbiriyle yarışabilir ve heyecan dolu bir rekabet ortamı sunmaktadır. Görsel açık alan sayesinde doğal aydınlatmadan faydalanmaktadır.



Şekil 3 Kulvarlı Kaydıraklar

Yüksek hızla dik bir açıdan başlayan ve yer çekimi kuvvetini yoğun bir şekilde hissettiren kaydırak türüdür. Bu kaydıraklar, ziyaretçilerin kaydırağa girdikleri anda, aniden yüksek bir hızla fırlatılmalarını sağlayan sistemlerle donatılmıştır. Roket kaydıraklarında sıkça kullanılan bu fırlatma sistemi, ziyaretçilerin hızlıca maksimum hıza ulaşmasına imkan tanımaktadır. Bu kaydırakların başlangıç noktalarında genellikle basınçlı hava veya su itme mekanizmaları kullanılır. Bu mekanizmalar sayesinde ziyaretçiler, roket benzeri bir hızla yukarıya doğru fırlatılır veya dik bir inişe geçmektedir.

Hız Kaydırakları

Roket kaydırakları gibi adrenalin severler için dizayn edilmiş bir diğer kaydırak türü de hız kaydıraklarıdır[3].Yüksek hızda kayış sağlayan uzun, düz veya kavisli kaydıraklardır. Genellikle yetişkinler ve gençler arasında popüler olup, hızlı ve dinamik bir deneyim sunar. Kayma sırasında hızı ön planda tutan bu kaydıraklar, kısa sürede büyük bir adrenalin patlaması



yaşatır. Kapalı ya da açık olabilirler. Hız kaydırakları, parkın macera arayan gençler ve yetişkinler için cazip noktalarından biridir ve genellikle parkın en göz alıcı yapılarından biri olarak tasarlanmaktadır.

Şekil 4 Hız kaydırığı

Dalga Kaydırakları

Su akışı ile kaydırak kullanıcılarına dalga etkisi hissettiren kaydıraklardır. Hem çocuklar hem de yetişkinler için uygundur, geniş bir hedef kitleye hitap eder. Su akışının oluşturduğu dalga hareketi, kayma deneyimine ekstra eğlence katmaktadır. Dalga kaydıraklarının tasarımı, su parkı deneyimini daha dinamik hale getirmektedir. Ayrıca dalga kaydırakları güvenli bir deneyim bir deneyimin yanında suyun hız ve yön kontrolünü de sağlanarak, ziyaretçilerin güvenli bir şekilde kaymaları imkanı sunmaktadır.

Temalı Kaydıraklar

Temalı su kaydırakları, su parklarının eğlence deneyimini artıran ve ziyaretçilere farklı atmosferler sunan önemli unsurlardır. Kaydıraklar, parkın konseptine ve hedef kitlesine uygun olarak tasarlanmaktadır [4]. Kullanıcılar, belirli bir hikayenin veya temanın parçasıymış gibi hissettirmesinden kaynaklı olarak en çok tercih edilen kaydırak türlerinin arasında yer almaktadır. Bulunduğu alanı cazibe merkezine çevirmesinden dolayı çocuklar ve aileler için vazgeçilmezdir. Görsel zenginliğinin yanında LED ışıklandırma ve ses efektleri gibi teknolojilerle kaydıraklar daha da etkileyici hale getirilmektedir.



Şekil 5 Babochka temalı kaydırak

SU KAYDIRAKLARINDA AYDINLATMA VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ SORUNLARI

Kapalı veya tüp kaydıraklar, su parkları ve eğlence merkezlerinde kullanıcılar tarafından yoğun olarak tercih edilmesine rağmen, özellikle kapalı yapıları nedeniyle iç mekanda oluşan karanlık ortamlar, kullanıcı deneyimini olumsuz etkileyebilmekte ve bu sebeple istenilen kullanıcı sayısına ulaşamama sorunu doğurmaktadır. Bu sorunları çözmek için elektriksel aydınlatma çözümleri devreye sokulmuştur. Ancak, bu yöntemler çeşitli zorlukları ve ek maliyetleri de beraberinde getirmektedir.

Geleneksel elektriksel aydınlatma çözümleri arasında, kaydırak yüzeyine doğrudan monte edilen aydınlatma elemanları (LED ışıklar, spot lambalar) ya da kaydırak içerisine lazer ve projeksiyon sistemleri yerleştirilmesi bulunmaktadır. Her iki yöntem de iç mekanda görsel bir etki yaratmak ve karanlık ortamlara çözüm sunmak için kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemler çeşitli sınırlamalara sahiptir:

Elektrikli Aydınlatma Elemanlarının Montajı

Elektrikli aydınlatma elemanlarının kaydırak yüzeyine monte edilmesi, kaydırak modelinin kesilmesi veya delinmesini gerektirir. Bu durum, kaydırakların yapısal bütünlüğünü etkileyebilir ve uzun vadede kaydırakların dayanıklılığını azaltabilir. Ayrıca, elektrik tesisatı döşenmesi, elektrik kablolarının su geçirmez kılıflarla muhafazası ve bu tesisatın düzenli olarak bakımının yapılması gibi işlemler ek maliyetler ve operasyonel zorluklar doğurur.

Elektrik ve Su Arasındaki Riskler

Su kaydırakları suyla doğrudan temas halinde çalışan yapılar olduğundan, elektrikle çalışan aydınlatma sistemlerinin kullanımı riskli olabilir. Su ve elektrik birleştiğinde ortaya çıkabilecek güvenlik riskleri (elektrik çarpması, kısa devre) ciddi bir tehlike arz eder. Bu nedenle elektrikli aydınlatma sistemlerinin su geçirmez yalıtımlarla korunması zorunludur, bu da uygulama ve bakım sürecini daha karmaşık hale getirir.

Bakım ve Onarım Zorlukları

Kaydırak yüzeyine monte edilen aydınlatma elemanları, suyla sürekli temas halinde olduklarından zamanla aşınabilir veya bozulabilir. Bu durum, düzenli bakım ve onarım gereksinimlerini artırır. Aydınlatma elemanlarının değiştirilmesi ya da tamir edilmesi, kaydırakların belirli sürelerde kapatılmasını gerektirir ve bu da işletme verimliliğini olumsuz etkiler. Ayrıca, bu süreçler sırasında kaydırakların yeniden delinmesi ya da elektrik kablolarının yeniden döşenmesi gibi işlemler yapılması gerekebilir, bu da kaydırakların uzun ömürlü kullanımını tehlikeye atabilir.

Lazer ve Projeksiyon Sistemlerinin Sınırlamaları

Lazer ve projeksiyon sistemleri, ışık oyunları ile kaydırak içinde ilginç görsel efektler yaratmak için kullanılmaktadır. Ancak bu sistemler gün ışığı altında istenilen etkiyi tam olarak veremezler. Gündüz koşullarında, dışarıdan gelen doğal ışık bu sistemlerin etkisini azaltır, bu nedenle bu tür sistemler yalnızca kapalı kaydıraklarda veya gece kullanımında etkili olmaktadır. Bunun yanı sıra, lazer ve projeksiyon sistemlerinin kurulumu ve bakımı da ek maliyet ve zorluklar getirebilir.

Yüksek Enerji Tüketimi

Elektrikli aydınlatma çözümleri enerji tüketimini önemli ölçüde artırır. Su parklarının genellikle büyük alanları kapsayan tesisler olduğu göz önüne alındığında, bu çözümler yalnızca operasyonel maliyetleri yükseltmekle kalmaz, aynı zamanda çevresel etkiyi de artırır. Özellikle gece kullanımında enerji maliyetlerinin yükselmesi, su parklarının sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasını zorlaştırabilir[5]. Tüm bu zorluklar göz önüne alındığında, su kaydırakları için daha güvenli, sürdürülebilir ve düşük maliyetli alternatif aydınlatma çözümlerine duyulan ihtiyaç artmaktadır. Bu noktada florosan minerallerin kullanımı, elektrik enerjisine dayalı çözümlerden

farklı olarak enerji verimliliği sağlamak ve aynı zamanda kullanıcı deneyimini iyileştirmektedir. Floresan mineraller, su kaydıraklarının üretimi sırasında entegre edilerek hem enerji tasarrufu sağlamak hem de maliyet ve bakım gereksinimlerini minimuma indirmektedir

MATERYAL VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada, su kaydıraklarının gece kullanımına olanak sağlayan ve enerji verimliliğini artıran floresan minerallerin kullanımı araştırılmıştır. Floresan mineraller, ışık enerjisini absorbe ederek depolar ve daha sonra bu enerjiyi yayarak kaydırakların gündüz ve gece boyunca ışıldamasını sağlar. Bu özellik, su parklarında ve eğlence tesislerinde aydınlatma sistemlerinin yerini alabilecek enerji tasarruflu bir çözüm sunmaktadır.

Mevcut uygulamalarda, su kaydırakları genellikle elektrikle çalışan aydınlatma sistemleri ile donatılmaktadır. Bu sistemler, suyla temas halinde risk oluşturabileceği gibi, elektrik tesisatının döşenmesi, bakımı ve korunması gibi ek maliyetler doğurur. Ayrıca, elektrikli aydınlatma yöntemleri enerji tüketimini artırmakta ve bu durum işletme maliyetlerini yükseltmektedir. Floresan minerallerin kullanımı ise bu sorunları ortadan kaldırmaktadır.

Floresan Minerallerin Özellikleri

Floresan mineraller, ışık kaynağının etkisiyle enerji depolayarak belirli bir süre boyunca ışıldayan doğal veya sentetik bileşiklerdir. Bu mineraller güneş ışığını absorbe ederek gece boyunca düşük maliyetli bir aydınlatma sağlar. Floresan mineraller, kimyasal stabiliteyi ve uzun ömürleri ile bilinir, bu nedenle su kaydıraklarının yapısal bütünlüğüne zarar vermeden entegre edilebilirler. Kullanılan floresan minerallerin türü ve konsantrasyonu, kaydırakların ışık yayma kapasitesini etkiler. Bu çalışmada, farklı türlerde floresan minerallerin ışık yayma süreleri ve şiddetleri üzerine deneyler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, minerallerin etkinliğini artırmak amacıyla ideal pigment konsantrasyonlarının belirlenmesine olanak sağlamıştır.



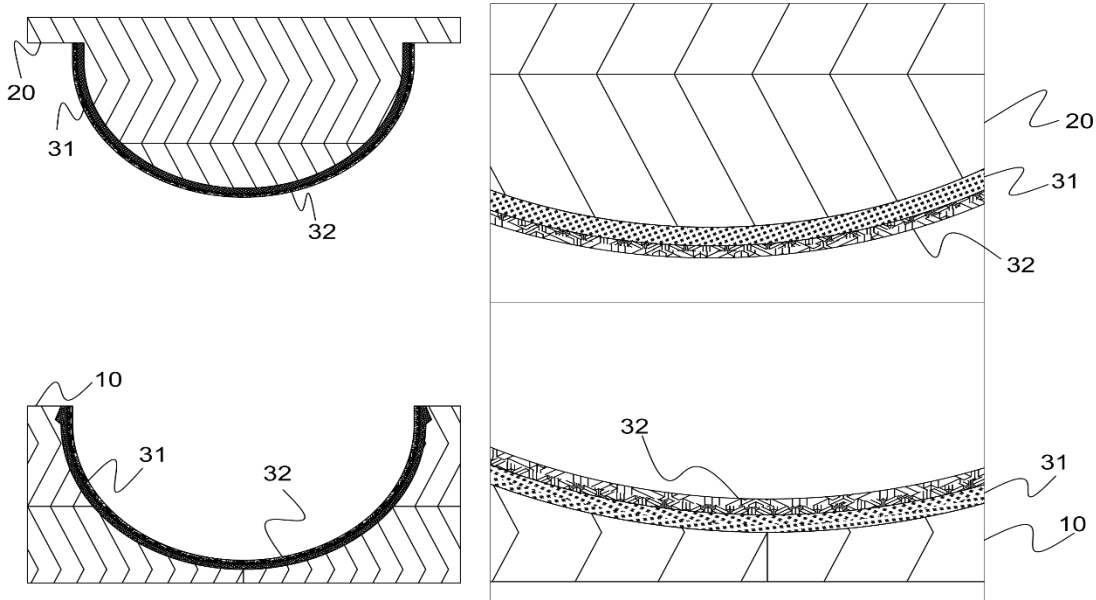
Şekil 6 Floresan Minerallerle Aydınlatılmış Su Kaydırığı

RTM (Reçine Transfer Kalıplama) Yöntemi

Floresan minerallerin su kaydıraklarına entegre edilmesi için RTM (Reçine Transfer Kalıplama) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, yüksek dayanıklılık ve pürüzsüz yüzey özellikleri sağlayarak su kaydıraklarının uzun ömürlü olmasını temin eder. RTM yöntemiyle, floresan mineraller, kaydırak yüzeyine homojen bir şekilde dağıtılmıştır.

RTM yöntemi ile kaydırak üretimi şu adımları içerir:

- 1. Alt ve Üst Kalıpların Hazırlanması:** İlk olarak alt ve üst kalıplar hazırlanır. Bu kalıplar kaydırakların şekillendirilmesi için kritik öneme sahiptir.
- 2. Jelkot Uygulaması:** Işıklandırma istenen bölgelere, floresan mineraller içeren şeffaf jelkot uygulanır. Jelkot, kaydırak yüzeyinin pürüzsüz olmasını sağlar ve floresan minerallerin etkili bir şekilde dağılmasına yardımcı olur.
- 3. Cam Elyaf Takviyesi:** Şeffaf cam elyaf takviyesi, floresan minerallerle karıştırılarak kalıplara serilir. Bu aşama, kaydırakların dayanıklılığını artırır ve minerallerin kalıcı olarak yapıya entegre olmasını sağlar.
- 4. Reçine Vakumlama:** Kalıplar kapatılır ve içerisine şeffaf reçine vakumlanır. Bu işlem, kaydırakların sağlam bir yapıya sahip olmasını sağlarken, floresan minerallerin etkisini artırır.
- 5. Kalıpların Açılması ve Son Kontrol:** Kalıplar açıldığında, üretilen kaydıraklar kontrol edilir. Floresan minerallerin homojen dağılımı ve kaydırakların yüzey kalitesi kontrol edilir.



Şekil 7 Su Kaydırığının Katmanlı Yapısı

Floresan Minerallerin Performans Değerlendirmesi

Floresan minerallerin performansı, kaydırakların hem gündüz hem gece kullanımına olanak sağlayacak şekilde optimize edilmiştir. Mineraller, gündüz güneş enerjisini depolayarak, gece boyunca ışıltılamaya devam eder. Yapılan testler sonucunda, minerallerin ışık yayma süresi ve yoğunluğu analiz edilmiş ve çeşitli pigment konsantrasyonlarının performansa etkisi değerlendirilmiştir.

Ayrıca, uzun vadeli dayanıklılık testleri gerçekleştirilmiştir. Bu testlerde, minerallerin su, UV ışınları ve aşınma gibi dış etkenlere karşı direnci ölçülmüştür. Sonuçlar, floresan minerallerin su kaydırakları gibi yoğun kullanım alanlarında bile uzun süreli performans gösterebileceğini ortaya koymuştur.



Şekil 8 Floresan Mineralli Su Kaydırığının Doğal Aydınlatma Görüntüsü

AR-GE VE YENİLİKÇİ YÖNÜ

Floresan aydınlatma projesi ile geliştirilen proses yöntemi RTM (reçine transfer kalıplama) sırasında uygulanan boyaya ve takviye malzemesine floresan minerallerden elde edilen pigmentlerin eklenmesi ile kaydırakta kesme, delme, elektrik tesisatı döşenmesi ya da bunların sonrasında muhafazası, bakım maliyetleri gibi sorunlardan, su ile elektriği yan yana getirme gibi tehlikelerden, direkt güneş ışığını kullanmadan doğabilecek performans eksikliklerinden kaçınılmıştır.

Kaydırığa eklenecek floresan minerallerden elde edilen pigmentler kaydırak dış yüzeyine vuran güneş ışığı enerjisini absorbe edecek ve bu mineraller gece gündüz ışıyım yapacaktır. Böylece, gündüzleri kaydırak içerisinde ışıma etkisini göstererek kullanıcıya farklı bir kayma deneyimi yaşatacak, kaydırığı görsel anlamda daha ilgi çekici kılacak, geceleri de yine gündüz depoladığı enerji ile ışımaya devam edecektir.

Bu yenilikçi proses, sektördeki diğer aydınlatma çözümlerine kıyasla pek çok avantaj sunmaktadır. Geleneksel elektrikli aydınlatma sistemleri, su kaydıraklarında yüksek maliyetli bakım gereksinimleri doğururken, floresan minerallerin kullanımı bu tür sorunları ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca, elektrik tesisatlarının su ile temas etmesi gibi güvenlik riskleri de tamamen elimine edilmiştir. Bu da kaydırakların güvenliğini ve dayanıklılığını önemli ölçüde artırmaktadır.

Proje, enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından da büyük katkılar sağlamaktadır. Güneş ışığını emen ve gece boyunca ışık yayan floresan mineraller, enerji tüketimini önemli ölçüde azaltarak tesislerin enerji maliyetlerini düşürmektedir. Ayrıca, bu çevre dostu çözüm, karbon ayak izini küçültme ve yeşil enerji kullanımını artırma yönünde önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir.

Floresan minerallerin kullanımı aynı zamanda su parklarının estetiğini de iyileştirmektedir. Kaydıraklar, gece boyunca ışıltayarak kullanıcılar için benzersiz bir deneyim sunmakta, böylece parkların görsel çekiciliğini artırarak daha fazla ziyaretçi çekmektedir. Bu yenilikçi yaklaşım, hem kullanıcı memnuniyetini artırmakta hem de su parklarının ticari başarısını desteklemektedir.



Şekil 9 Floresan Minerallerle Üretilmiş Su Kaydırığının Doğal Aydınlatma Sağlayan Yüzey Yapısı

SONUÇ

Bu çalışma, su kaydıraklarının aydınlatılmasında geleneksel elektrikli aydınlatma sistemleri yerine floresan minerallerin kullanılmasıyla enerji verimliliği sağlayan ve güvenlik risklerini minimize eden yenilikçi bir çözüm sunmuştur. RTM (Reçine Transfer Kalıplama) yöntemi ile su kaydıraklarına entegre edilen floresan mineraller, güneş enerjisini absorbe ederek hem gündüz hem de gece ışınım yaparak etkili bir aydınlatma sağlamaktadır. Bu çözüm, geleneksel elektrikli sistemlerle karşılaştırıldığında bir çok avantajları sunmaktadır. Floresan minerallerin kullanımı, enerji verimliliği sağlarken aynı zamanda görsel olarak daha etkileyici su parkları yaratma fırsatı sunmaktadır. Yapılan çalışmaları neticesinde patenti alınmış olan bu teknoloji, hem çevre dostu bir çözüm sunmakta hem de su parklarının ticari başarısını artıracak önemli bir fırsat olarak değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] ProSlide. (2020). History of Water Slides. Retrieved from <https://www.proslide.com/history>
- [2] Polgün Waterpark & Attractions. (2022). Sustainable Lighting Solutions for Water Slides. Retrieved from <https://www.polgun.com>
- [3] WhiteWater West. (2021). Water Park Attractions and Design. Retrieved from <https://www.whitewaterwest.com>
- [4] Fong, L.H.N., Lo, A., & Luk, C. (2011). **Success factors of theme parks - An exploratory study**. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 23(4), 533-545. Retrieved from

https://www.researchgate.net/publication/286363387_Success_factors_of_theme_parks_-_An_exploratory_study

[5]Uzun, Y., Kayıcı, M., Türkhan, N., Yaz, D. (2024). Water park of the future: Monarch butterfly slide with eco-friendly design and smart water management. European Mechanical Science, 8(2), 78-84. <https://doi.org/10.26701/ems.1430128>

Tam Metin Bildiri Kuralları Yerli ve Milli Yeni Nesil Akü Redresör Grupları ve Redresör Yönetim Sistemi Geliştirilmesi

Dr. Mehmet Munğan, Enerpower Enerji, Mehmet Akif Ak, AES Enerji, İbrahim Gürgen, Enerpower Enerji, Zehra Ceren Çakır, AES Enerji, Ali Geyikoğlu, ARAS EDAŞ, İsmail Hakkı Şimşek, ARAS EDAŞ, Murat Baykara, ARAS EDAŞ, Abdullah Haşim Atınç, ARAS EDAŞ, Yunus Doğan, ARAS EDAŞ, Osman Batur TAŞCI, ARAS EDAŞ

mehmet@enerpower.com.tr , akif@aesenergy.com.tr , igurgen@enerpower.com.tr , ccifci@aesenergy.com.tr, Ali.Geyikoglu@arasedas.com , IsmailHakki.SIMSEK@arasedas.com, MURAT.BAYKARA@arasedas.com, abduallahhasim.atinc@arasedas.com, yunus.dogan@arasedas.com, OsmanBatur.Tasci@Arasedas.com

ÖZET

Elektrik Dağıtım Şebekesinde yer alan özellikle bina tipi (Kompakt Beton Köşkler, Prefabrik Beton Köşkler, MOD Tipi Beton Binalar gibi) dağıtım, transformatör, kesicili ölçü, indirici, yükseltici veya ayırıcı merkezlerindeki teçhizatların (DC beslemeye ihtiyaç duyan kontrol, izleme ve kumanda teçhizatları, metal mahfazalı modüler hücre alçak gerilim panoları, sensörler, sekonder koruma elemanları vb.) DC enerji ihtiyacını karşılayan, burada bulunan doğru akım yüklerine sürekli bağlı olan, sabit gerilimli, şebeke gerilimi değişimine göre otomatik regülasyonlu yarı iletken tabanlı bir redresörden ve akü gruplarından oluşan yapıya bağımsız akü redresör grubu denir. Akü redresör grupları bulunduğu trafo merkezindeki orta gerilim hücrelerinin redüktör, motor ve açma-kapama bobinlerini, DC aydınlatma lambalarını, sinyal lambalarını vb. ekipmanları besler. Şebeke besleme gerilimi 220 VAC (1~) veya 380VAC (3~) iken redresörün çıkış gerilimi 24 VDC, 48 VDC veya 110 VDC olabilir (Çıkış DC gerilim seviyeleri, projelendirme aşamalarında belirlenen muhtelif kriterlere esas alınmaktadır. Örneğin 6 MMMH ve üzeri bir köşk içeriğindeki gerilim düşümlerini/akü zayıflamalarını ortadan kaldırmak adına 110VDC seçilmesi gibi. Bu husus gerilimin yüksek seviyesi sayesinde düşük akımlar ile çalışmaya, kablo kesitlerinden tasarrufa, gerilim düşümleri ve güç kayıplarının önüne geçmeye, daha yüksek akü gruplarını bulundurabilmeye imkân tanır). Bu yapıları akü grubu ve redresör bölümü olarak iki kısımda gruplayabiliriz. Aküler TS 1352-3 EN 60896-22/IEC 60896-22 standartlarına uygun tam kapalı bakımsız kuru tip kurşun asit (VRLA) akülerden oluşur.

Her bir akünün nominal gerilimi 12 VDC olup akım taşıma kapasitesi (elektriksel yük miktarı) 7 ile 150 Ah arasında değişebilir (Yürürlükteki T.C. TEDAŞ-MLZ/2018-065.A Teknik Şartnamesine esas olarak genel EDAŞ talepleri ve üretici seçenekleri 24-110VDC anma çıkış gerilimi, 25A anma çıkış akımı, 26Ah batarya kapasitesi şeklinde olmaktadır.) Redresörler ise devrede şebeke gerilimi varken aküleri trafolu, tristör kontrollü veya IGBT/MOSFET bazlı yüksek frekanslı bir şarj devresi vasıtasıyla şarj eder (Yüksek duyarlılıklı güç elektroniği devre katları ile bu işlemler gerçekleştirilmektedir). Mevcut dağıtım şebeke enerjisi kesildiğinde ise akülerde depolanan elektrik enerjisi, trafo merkezindeki DC yük beslemelerine aktarılır. Redresörlerin ana görevi, sistemde yer alan aküleri şarj etmek olduğundan şarj işlemi sırasında akünün tam olarak doldurulması büyük önem taşır. Tam olarak dolmamış akünün kullanım ömrü önemli ölçüde azalacaktır. Eğer redresörler aküyü dengeli bir şekilde şarj etmezse akü tam şarj olamaz ve tam kapasite ömür üzerinde yüzdelik kayıplar yaşanır.

Ülkemizde daha önce bulunmayan ve sektörde açığı olan yönetim sistemi, projeye konuolan redresör yönetim sistemi ile elektrik dağıtım trafo binalarındaki akü redresör gruplarının kendini yönetebilir bir yapıya kavuşması sağlanacak, tüm çalışma parametreleri izlenebilecek, akü-redresör grupları için öncelikli bakım planlaması yapılabilecek, sıcaklık optimizasyonu ve stand by modu olacak ve batarya dolduktan sonra üretilen fazla enerjinin şebekeye kazandırılmasıyla teknik kayıpların yol açtığı ekonomik kayıp asgari düzeye indirgenecektir.

Ayrıca redresöre bağlı akü grubu boşaldığında veya devre dışı kaldığında hidrojen yakıthücresi ya da başka bir enerji kaynağı ile dağıtım merkezlerindeki koruma ve uzaktan izleme sistemleri beslenecektir. Böylelikle, sekonder koruma elemanları sürekli devrede tutularak oluşabilecek arızaların etki alanı sınırlandırılarak, sağlıklı/kaliteli enerji tedarik alanı ve müşteri memnuniyeti artırılacaktır.

Anahtar kelimeler: redresör, DC analiz, sekonder röle, DC sistem, akü kararlılığı, sıcaklık, optimizasyon, koruma ve kontrol elemanları, hidrojen akü grupları, transdüserler, Endüstri 4.0, uzak kontrolcü

GİRİŞ

Proje, elektrik dağıtım sektöründe kritik bir öneme sahip olan akü redresör gruplarının yönetimini iyileştirmeyi amaçlayan bir AR-GE çalışmasıdır. Projenin temel hedefi, elektrik dağıtım merkezlerinde kullanılan akü redresör gruplarının performansını artırmak, verimliliği optimize etmek ve güvenliği sağlamaktır. Akü redresör grupları, elektrik kesintilerinde kritik ekipmanların sürekli enerji ihtiyaçlarını karşılayarak kesintisiz güç sağlamaktadır. Bu nedenle, bu sistemlerin etkin bir şekilde yönetilmesi, enerji arz güvenliği ve operasyonel maliyetlerin düşürülmesi açısından büyük bir önem taşımaktadır.

Proje kapsamında geliştirilen Redresör Yönetim Sistemi (RYS), akülerin durumlarını sürekli izleyerek bakım ve işletme süreçlerini optimize edecek, teknik kayıpları asgari seviyeye indirecek ve enerji verimliliğini artıracaktır. Ayrıca, çevresel ve iş güvenliği risklerini en aza indirmeye yönelik önlemler de bu projenin temel unsurlarından biridir.

Adany, Aurbach ve Kraus (2013) çalışmalarında, elektrikli araçlarda kullanılan bataryaların ömrünü uzatmak için geliştirilen anahtarlama algoritmalarını ele almıştır. Araştırma, bu algoritmaların batarya performansını optimize ederek enerji verimliliğini artırabileceğini ve bataryaların kullanım ömrünü uzatabileceğini göstermiştir. Çalışma, özellikle elektrikli araçlarda batarya yönetimi ve şarj-deşarj döngülerinin etkili yönetimi üzerine odaklanarak, bataryaların daha sürdürülebilir ve verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayacak yöntemler sunmaktadır [1].

Aktaş, Baygüneş, Kıvrak, Çavuş ve Sözen (2020) çalışmalarında, elektrikli araçlar içindüşük maliyetli bir batarya yönetim sistemi (BMS) tasarımı ve uygulanmasını ele almıştır. Çalışma, bataryaların verimli bir şekilde izlenmesi ve yönetilmesi amacıyla geliştirilmiş bir sistem sunarak, maliyetlerin azaltılmasına odaklanmaktadır. Tasarlanan BMS, batarya ömrünü uzatmak ve enerji verimliliğini artırmak için gerekli olan şarj-deşarj denetimlerini sağlamaktadır. Bu sistemin, özellikle elektrikli araçlarda yaygın olarak kullanılması hedeflenmiş ve başarılı bir şekilde test edilmiştir [2].

Chen ve çalışma arkadaşları (2018), lityum-iyon bataryaların doluluk oranını (state-of-charge)

tahmin etmek için gri model ve genetik algoritmaları birleştiren yenilikçi bir yöntem geliştirmiştir. Bu yaklaşım, tahmin doğruluğunu artırarak batarya yönetim sistemlerinin performansını iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Gri modelin tahmin kabiliyetleri, genetik algoritmalarla optimize edilerek, değişken kullanım koşullarında daha doğru sonuçlar elde edilmiştir. Çalışma, lityum-iyon bataryaların durumu hakkında hassas tahminler yapılmasını sağlayarak, enerji yönetim sistemlerinde verimliliği artıran bir çözüm sunmaktadır [3].

Projenin yürütücüsü olan Aras Elektrik Dağıtım A.Ş., Türkiye'nin doğu bölgelerinde elektrik dağıtım hizmeti (elektrik dağıtım lisansına sahip tüzel kişi) sunan bir enerji şirkettir. Şirket, elektrik dağıtım şebekelerinin güvenli, sürdürülebilir ve verimli bir şekilde işletilmesini sağlamaya yönelik çeşitli AR-GE projeleri yürütmektedir. Aras EDAŞ bu projede, enerji sektöründeki yenilikçi çözümler geliştirme hedefiyle, özellikle yerli ve milli teknolojilerin ortaya çıkarılmasına odaklanmıştır.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından desteklenen bu proje, Türkiye'nin enerji dağıtım altyapısını güçlendirmeye ve yerli teknolojilerle enerji güvenliğini artırmaya yönelik bir adım olarak öne çıkmaktadır. Bu proje ile birlikte Aras EDAŞ, sürdürülebilir enerji hedeflerine katkı sağlamayı ve operasyonel mükemmeliyeti artırmayı amaçlamaktadır.

AMAÇ

Projenin amacı, elektrik dağıtım şebekelerinde kullanılan akü redresör gruplarının performansını iyileştirerek, bu sistemlerin yönetimini daha verimli ve güvenli hale getirmeyi esas almaktadır. Özellikle, enerji dağıtım merkezlerindeki kesintisiz güç kaynağı ihtiyacını karşılayan akü-redresör sistemlerinin daha uzun ömürlü, çevre dostu ve sürdürülebilir bir yapıya kavuşturulması hedeflenmektedir. Bu hedefe ulaşmak için en önemli öncül ise Endüstri 4.0 ilkesiyle uzaktan izlenebilen ve kontrol edilebilen sistemlerin söz konusu edilmesidir.

Proje kapsamında geliştirilecek Redresör Yönetim Sistemi (RYS), akülerin durumunu sürekli izleyerek, anlık gerilim, akım ve sıcaklık gibi kritik parametreleri takip edecek, olası arızaların önceden tespit edilmesini sağlayacak, enerji kayıplarını minimuma indirecek ve bakım süreçlerini optimize edecektir. Aynı zamanda, çevresel ve iş güvenliği risklerini azaltarak, daha güvenli ve etkin bir enerji dağıtım altyapısı oluşturulması amaçlanmaktadır.

Bu sistem, enerji dağıtım sektöründe operasyonel maliyetleri düşürmek, arızalardan kaynaklanan kesintileri önlemek ve müşteri memnuniyetini artırmak için kritik bir rol oynayacaktır. Ayrıca, proje ile yerli ve milli teknoloji çözümleri geliştirilerek, Türkiye'nin enerji sektöründeki dışa bağımlılığının azaltılması da hedeflenmektedir. Böylece zamandan, personelden, iş gücünden, operasyonel maliyetlerden ve malzemeden de tasarruf elde edilerek Ülke ekonomisine katkı söz konusu edilmektedir.

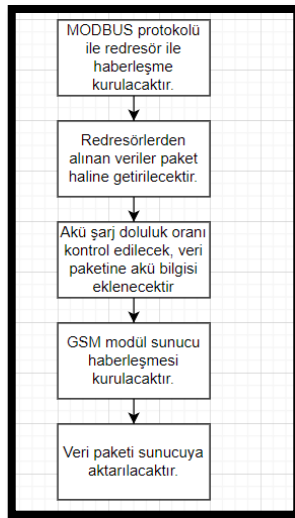
KAPSAM

Projenin kapsamı, elektrik dağıtım şebekelerinde kullanılan akü redresör gruplarının performansını artırmak, izlenebilirlik ve verimliliği geliştirmek için Redresör Yönetim Sistemi'nin (RYS) tasarım ve uygulamasını içermektedir. Geliştirilecek sistem, akülerin şarj durumu, sıcaklık, gerilim ve akım gibi kritik parametreleri izleyerek enerji kayıplarını minimuma indirecek, SCADA sistemleri ile entegre olarak uzaktan kontrol imkânı sunacaktır. Ayrıca çevresel ve iş güvenliği risklerini azaltıp, enerji verimliliğini artırarak yerli teknoloji çözümleri ile Türkiye'nin enerji sektöründe dışa bağımlılığını azaltacaktır.

YÖNTEM

Proje sürecinin ilk aşamasında, mevcut akü redresör sistemleri ve dünyadaki alternatif teknolojiler üzerine kapsamlı bir literatür taraması yapılmıştır. Bu tarama ile özellikle enerji dağıtım şebekelerinde kullanılan sistemlerin zayıf yönleri, performans eksiklikleri ve teknik sınırlamaları belirlenmiştir. Bu aşama, projenin daha sonraki süreçlerine yön vermek adına kritik öneme sahiptir. Literatür taraması sonucunda, ihtiyaç duyulan teknolojik yenilikler ve projede kullanılacak bileşenlerin belirlenmesi sağlanmıştır. Sektörde aktif rol alan proje yöneticisi Aras EDAŞ AR-GE ekipleri ile mevcut süreçlere dair eksik ve yanlış görülen hususlar, geliştirilmesi gerekli olan teknolojiler koordineli şekilde irdelenmiş, kapsama dair sektör tecrübeleri proje ilerleyişine ışık tutmuştur.

İkinci aşamada, Redresör Yönetim Sistemi'nin (RYS) hem donanım hem de yazılım bileşenleri tasarlanmıştır. Donanım tasarımında, akülerin gerilim, akım, sıcaklık gibi hayati parametrelerini izleyebilecek sensörlerin entegrasyonu yapılmıştır. Bu sensörler, sistemin sağlıklı çalışmasını izlemek ve herhangi bir sorun oluştuğunda müdahale edilmesini sağlamak için temel bileşenlerdir. Yazılım tarafında ise, SCADA sistemleri ile entegre çalışacak bir arayüz geliştirilmiştir. Bu arayüz, sistemin uzaktan izlenmesi ve kontrol edilmesini mümkün kılarak, sahada insan müdahalesine olan ihtiyacı azaltmıştır. Ayrıca, sistemin uzaktan erişim imkânı sunabilmesi için veri aktarımı ve kontrolünde kullanılan haberleşme protokolleri



(örneğin, MODBUS, MQTT gibi) belirlenmiş ve yazılıma entegre edilmiştir. Böylece mevcut

T.C. TEDAŞ Malzeme Teknik Şartnameleri isterlerinin üzerinde bir teknoloji ile akü redresör gruplarına dair 26 farklı elektriksel parametre anlık olarak izlenebilmekte, erken müdahale ve kontrol imkânı sunmaktadır.

Şekil 1 Proje kapsamında oluşturulan süreç akış diyagramı

Prototip geliştirilip tüm bileşenler test edildikten sonra, gerçek koşullar altında sistemin performansını ölçmek amacıyla bir pilot bölge seçilmiş ve saha uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Pilot uygulama sürecinde, sistemin dağıtım merkezindeki mevcut akü redresör gruplarına nasıl entegre edildiği ve izleme-yönetim fonksiyonlarının nasıl çalıştığı test edilmiştir. Bu süreçte elde edilen veriler, sistemin verimliliği, doğruluğu ve kullanıcı dostu olup olmadığı gibi önemli faktörleri değerlendirmek için kullanılmıştır. Saha testleri sırasında ortaya çıkan geri bildirimler doğrultusunda, yazılım ve donanım üzerinde gerekli iyileştirmeler ve

optimizasyonlar yapılmıştır.



Şekil 2 Saha testleri sırasında arayüze aktarılan izleme grafikleri

Son aşamada, pilot bölgedeki uygulamalardan elde edilen sonuçlar detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Bu analizler sonucunda, sistemin geniş ölçekte kullanılabilirliği, dağıtım şebekelerine entegrasyonu ve operasyonel verimlilik üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.



Şekil 3 Proje Nihai Hal Saha Testleri

Elde edilen bulgular, projenin T.C. EPDK'ya sunulan nihai raporunda toplanmış ve sistemin daha geniş çaplı kullanımı için stratejik bir yol haritası oluşturulmuştur. Bu aşama, projenin tamamlanmasından sonra enerji dağıtım şebekelerinde nasıl yaygınlaştırılabileceği ve uzun vadede sağlayacağı katkıların öngörülmesi açısından son derece önemlidir.

BULGULAR

Proje sürecinde elde edilen bulgular, Redresör Yönetim Sistemi'nin (RYS) enerji dağıtım şebekelerinde önemli iyileştirmeler sağlayabileceğini göstermiştir. Pilot uygulamalar ve sistem testleri sonucunda ortaya çıkan başlıca bulgular şunlardır:

Verimlilik Artışı: Geliştirilen sistem, akü redresör gruplarının izlenebilirliğini artırarak, enerji verimliliğinde önemli bir iyileşme sağlamıştır. Akülerin şarj durumu, sıcaklık ve gerilim gibi parametrelerinin sürekli izlenmesi sayesinde, akülerin daha verimli ve dengeli çalışması mümkün olmuştur. Özellikle lityum demir fosfat (LFP) bataryaların kullanımı, sistemin enerji verimliliğini artırmış ve akülerin ömrünü uzatmıştır.

Uzaktan İzleme ve Müdahale: SCADA sistemleri ile entegre çalışan Redresör Yönetim Sistemi, akülerin ve redresörlerin uzaktan izlenmesine olanak tanımıştır. Bu sayede sahadaki insan müdahalesine gerek kalmadan, sistemdeki anormalliklere hızlıca müdahale edilebilmiş, arızaların tespiti ve onarımı daha etkin bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, akülerin durumu ve redresör performansı sürekli olarak izlenerek bakım gereksinimleri önceden belirlenmiştir. Böylece sektör ifadesi ile birinci seviye temel kontrol bakım faaliyetlerine gerek kalmadan, üçüncü seviye düzeltici bakım faaliyetleri en etkin şekilde gerekli olan noktalara uygulanabilmektedir.

Arızaların ve Kesintilerin Azaltılması: Sistem, akü ve redresörlerde oluşabilecek arızaları önceden tespit ederek, kesinti ve arıza kaynaklı enerji kayıplarını minimuma indirmiştir. Özellikle pilot uygulama sürecinde, arızaların daha az sıklıkla yaşandığı ve şebeke kesintilerinin hızlıca izole edilebildiği gözlemlenmiştir. Sekonder koruma elemanlarının sürekli ve kaliteli enerji ile donatılması, yüksek çalışma kararlılığı ortaya koyarak enerji kesinti yayılımını (kesintilerin bölgesel genişliğini) engellemiştir. Bu da sistem güvenilirliğinin ve hizmet sürekliliğinin artmasına katkı sağlamıştır.

Maliyet Tasarrufu: Geliştirilen sistem sayesinde, bakım ve işletme maliyetlerinde belirgin bir düşüş sağlanmıştır. Akülerin ömrünün uzatılması, enerji kayıplarının azaltılması ve bakım gereksinimlerinin optimize edilmesi, uzun vadede önemli bir maliyet tasarrufu sağlamıştır. Ayrıca, uzaktan izleme ve müdahale imkânı sayesinde saha personeli müdahalelerine daha az ihtiyaç duyulmuş ve operasyonel maliyetler düşürülmüştür.

Çevre ve İş Güvenliği: Proje kapsamında kullanılan yeni nesil akü grupları ve izleme sistemleri, çevresel riskleri ve iş güvenliği ile ilgili tehlikeleri azaltmıştır. Özellikle lityum demir fosfat (LFP) bataryaların daha güvenli olması ve yangın risklerini minimize etmesi, sistemin iş güvenliği açısından önemli bir katkı sağlamıştır. Ayrıca, çevreye zararlı kimyasal maddelerin kullanımının azaltılması, projenin çevre dostu olmasını desteklemiştir.

Yerli Teknoloji Geliştirme: Proje, Türkiye'nin enerji sektöründe yerli ve milli teknolojilerin geliştirilmesine yönelik önemli bir adım olmuştur. Geliştirilen Redresör Yönetim Sistemi'nin yerli bir çözüm olarak ortaya koyması, Türkiye'nin enerji teknolojilerinde dışa bağımlılığını azaltacak ve yerli teknoloji üretimini teşvik edecektir.

Yeni Nesil Enerji Dönüşümleri: Proje kapsamında, mevcut elektrik dağıtım şebekesi 220 VAC (1~) veya 380VAC (3~) desteği ile beslenen akü redresör gruplarının, ortaya çıkarılan özel transdüser devreleri ve hidrojen dönüşümleri ile enerjilendirilmesi sağlanmıştır. Elektrik dağıtım sektörü AR-GE çalışmalarında ilk defa söz konusu edilen hidrojen den elektrik enerjisi tedariki başarılı bir şekilde ortaya konmuştur.

Bu bulgular, projenin başarılı bir şekilde tamamlandığını ve enerji dağıtım şebekelerinde verimlilik, güvenlik ve maliyet açısından önemli kazanımlar sağladığını ortaya koymaktadır.

SONUÇ

Proje sonucunda, enerji dağıtım şebekelerinde kullanılan akü redresör gruplarının yönetiminde büyük iyileşmeler elde edilmiştir. Redresör Yönetim Sistemi (RYS), enerji verimliliği, izlenebilirlik ve güvenlik açısından önemli kazanımlar sağlamıştır. Akülerin şarj durumu, sıcaklık ve gerilim gibi parametrelerinin sürekli izlenebilmesi sayesinde, akülerin ömrü uzatılmış, enerji kayıpları azaltılmış ve bakım süreçleri daha etkin hale getirilmiştir. Bu da şebekenin daha verimli çalışmasını sağlamıştır. Ayrıca, sistemin SCADA ile entegre çalışarak uzaktan izlenebilmesi ve yönetilebilmesi, arızalara hızlı müdahale imkânı sunarak operasyonel hız ve verimliliği artırmıştır. Bu sayede, sahada fiziksel müdahale gereksinimi azaltılmış, operasyonel maliyetler düşürülmüş ve olası kesintilerin önüne geçilmiştir.

Maliyet açısından bakıldığında, akülerin ömrünün uzatılması ve bakım süreçlerinin optimize edilmesi uzun vadede önemli bir tasarruf sağlamıştır. Bunun yanı sıra, çevresel ve iş güvenliği açısından da büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Özellikle yangın riski ve zararlı kimyasal maddelerin kullanımının azalması, çevreye ve çalışanlara yönelik riskleri en aza indirmiştir. Geliştirilen sistem, enerji dağıtım şebekesinde daha güvenli, sürdürülebilir ve çevredostu bir yapı oluşturmuştur.

Proje ayrıca, Türkiye'nin enerji sektöründe yerli ve milli teknoloji geliştirme hedefine önemli katkılarda bulunmuştur. Redresör Yönetim Sistemi'nin yerli bir çözüm olarak geliştirilmesi, Türkiye'nin enerji teknolojilerinde dışa bağımlılığını azaltacak ve yerli teknolojilerin enerji sektöründe daha geniş bir şekilde kullanılmasına zemin hazırlayacaktır. Bu kazanımlar, projenin enerji dağıtım şebekelerinde uzun vadede güvenilir, verimli ve sürdürülebilir çözümler sunarak sektöre büyük bir katma değer sağladığını göstermektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma T.C. EPDK AR-GE Komisyonu tarafından Temmuz 2022 dönemi 02/22/05-08 karar sayılı "Yerli ve Milli Yeni Nesil Akü Redresör Grupları-Redresör Yönetim Sistemi AR-GE Geliştirme ve Uygulama Projesi" isimli proje ile desteklenmiştir.

Yazarlar Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'na ve Aras Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi'ne teşekkürlerini sunar.

KAYNAKÇA

- [1]. Adany, R., Aurbach, D., & Kraus, S. (2013). Switching algorithms for extending battery life In Electric Vehicles. Journal of Power Sources, 231, 50-59.doi:10.1016/j.jpowsour.2012.12.075
- [2]. Aktaş, M., Baygüneş, B., Kıvrak, S., Çavuş, B., & Sözen, F. (2020). Elektrikli Araç İçin Düşük Maliyetli Bir Batarya Yönetim Sistemi Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Ejosat Special Issue 2020 (HORA), 227-238. doi:10.31590/ejosat.779720
- [3]. Chen, L., Wang, Z., Lu, Z., Li, J., Ji, B., Wei, H., & Pan, H. (2018). A Novel State-of-Charge Estimation Method of Lithium-Ion Batteries Combining the Grey Model and Genetic Algorithms. IEEE Transactions on Power Electronics, 33(10), 8797-8807. doi:10.1109/TPEL.2017.2782721

Kurşun-Asit Akü Kutu ve Kapaklarında Geri Dönüşüm PP (rPP) Malzeme Kullanımı

*Yazarlar Emre Demirel, İnci GS Yuasa Akü San. Ve Tic. A.Ş.
Alper Turhan, İnci GS Yuasa Akü San. Ve Tic. A.Ş.*

edemirel@incigsyuasa.com, aturhan@incigsyuasa.com

ÖZET

Bu projede Kurşun-asit akü üretiminin ana komponentlerinden olan Polipropilene (PP) kutu ve kapak malzemesinin, geri dönüşüm PP (rPP) malzeme kaynaklı üretilmesi ve kullanılması amaçlanmıştır. Polipropilene malzeme kimyasal dayanımı, yüksek mekanik özellikleri ve kolay işlenebilirlik özellikleriyle akü kutu-kapaklarında tercih edilen bir malzemedir. Bu özelliklerinin yanı sıra Polipropilene 100% geri dönüştürülebilir bir malzemedir. Son yıllarda geri dönüşüm malzeme kullanımına yönelik düzenlemelere uyum sağlamak ve sürdürülebilir üretime geçmek amacıyla, sanayi kuruluşlarında geri dönüşüm malzemeye olan talep ve yönelim artmıştır.

Bu çalışmada kurşun asit akü kutu ve kapaklarında kullanılabilecek, beklenen özellikleri (darbe dayanımı ve rijitlik) karşılayabilecek, geri dönüşüm kaynaklı fonksiyon ve performans kayıpları minimize edilmiş rPP malzemesinin belirlenmesi ve kullanılması amaçlanmıştır.

Proje kapsamında rPP malzeme üretimi yapan firmalar, üretim kapasitelerine, malzeme sağladığı kaynaklara, çalıştığı referanslara ve malzeme kalitelerine göre araştırılarak belirlenmiştir. Projede akü kutu ve kapaklarında kullanılan “virgin” PP hammadde spesifikasyonları referans alınarak, uygun malzeme kalitesine ulaşmak hedeflenmiştir. Belirlenen rPP malzemelerin uygunluğu, 3 aşamalı kontrol planına göre belirlenmiştir. İlk aşamada MFI, yoğunluk, kül oranı gibi fiziksel özellikler test edilmiştir. İkinci aşamada, rPP içinde yer alabilecek metalik safsızlıklar hem malzeme özelliklerini olumsuz etkileyebileceği hem de akü elektrolitine karışarak akü performansına zarar verebileceği için Mikrodalga Bozundurma (MWD) yöntemi kullanılarak eser element analizi yapılmıştır. rPP malzemelerde PP dışı polimer içeriklerinin tayini için DSC analizi gerçekleştirilmiştir. Son aşamada, uygunluğuna karar verilen rPP malzeme kullanılarak, akü kutu-kapak üretimi yapılmıştır. rPP ile üretilen kutu ve kapaklar EN 50342-5 ve otomotiv şartnamelerine göre, kullanım koşullarını simüle eden test prosedürleri uygulanarak test edilmiştir. Test sonuçları, rPP malzemelerin çekme testi davranışı, Izod çentikli darbe dayanımı, asidik ortamda çalışma durumu, UV dayanımı, yüksek sıcaklık ve kimyasal dayanımları test edilerek değerlendirilmiştir.

rPP malzemelerin çekme testi sonucunda, virgin PP malzemeye göre, daha düşük akma dayanımı ve elastik modülüs sonuçları elde edilmiştir. Bu özellikler malzemenin tekrar geri dönüşüme uğramasıyla düşerek malzeme rijitliğini azaltmaktadır. Bu durum, geri dönüştürülen malzemenin bağ ve zincir yapılarında meydana gelen değişiklikler ile ilgilidir. rPP malzeme akma noktasında virgin PP’ye göre, yaklaşık %25, daha fazla uzarken, kopma noktasında virgin malzemeye göre, yaklaşık %20, daha az uzamıştır. Oda sıcaklığında uygulanan Izod çentikli darbe testinde rPP malzeme 47 Kj/m² darbe dayanımı göstererek virgin malzemedan daha

yüksek darbe dayanımına sahip olduğu gözlemlenirken, kimyasal, ultraviyole ve yüksek sıcaklığa dayanım test prosedürleri başarılı tamamlamıştır.

Proje sonucunda rPP malzemenin, küçük tip kurşun asit akülerin kutu ve kapaklarında kullanılabileceği belirlenmiştir. Düşük akma mukavemeti ve değişken %uzama değerleri nedeniyle akü sapı malzemesinde güvenlik riski yaşatabileceği için sap malzemelerinde rPP malzeme kullanılmamasına karar verilmiştir.

Proje ile sürdürülebilir bir çevre için katkıda bulunulurken ürün maliyetlerinde de avantajlar sağlanmıştır. Ayrıca, planlanan geri dönüşüm regülasyonları için çözümler yaratırken, rPP malzemelerde know-how ve kaynak geliştirme çalışmaları için altyapı oluşturuldu.

Anahtar kelimeler: kurşun-asit akü, sürdürülebilir üretim, geri dönüşüm, polipropilene, mekanik özellikler

GİRİŞ

Kurşun-asit aküler, elektrik enerjisini kimyasal enerji olarak depolayan ve elektrik yükü bağlandığında bu enerjiyi tekrar elektrik enerjisine dönüştürebilen elektrokimyasal statik elemanlardır. Temelde iki ana bileşenden oluşurlar: elektrot ve elektrolit. Elektrotlar genellikle kurşun ve çeşitli katkı maddeleri içerirken, elektrolit olarak belli bir yoğunlukta seyreltilmiş sülfürik asit çözeltisi kullanılmaktadır.

Bir otomobil aküsü örneği (12V-45Ah-250A) üzerinden değerlendirildiğinde, akünün malzeme bileşenleri:

- Kurşun içeren malzemeler %63,9,
- Polipropilen içeren malzemeler %5,0,
- Sülfürik asit çözeltisi %28,6 ve
- Seperatörler (PE, PVC, AGM) %2,5 oranında yer almaktadır.

Akü kutu ve kapakları, enjeksiyon yöntemiyle üretilmekte ve genellikle polipropilen malzeme kullanılmaktadır. Polipropilen, yeterli yalıtkanlığı sağlamanın yanı sıra elektroliti sızdırmamayı, uzun süre çeşitli ortam koşullarında mekanik ve kimyasal özelliklerini koruyabilmeyi de gerektirir.

Kurşun-Asit Akülerin Geri Dönüşümü

Kurşun-asit akülerin geri dönüştürülmesi, çevresel sürdürülebilirlik ve atık yönetimi açısından büyük önem taşır. Geri dönüşüm, kaynakların etkin kullanımını sağlarken, atık miktarını azaltarak çevre kirliliğini de önler. Ayrıca, kurşun ve sülfürik asit gibi zararlı maddelerin doğaya salınmasını engeller. Kurşun-asit akülerin geri dönüşüm süreci genellikle üç aşamadan oluşur: toplanma, işleme ve yeniden üretim. Bu aşamalarda akülerin içindeki değerli materyaller ayrıştırılır ve tekrar kullanılabilir hale getirilir.

Avrupa Parlamentosu ve Konseyi kurşun-asit akülerin, 31 Aralık 2025 tarihine kadar ağırlıklarının en az %75'inin geri dönüştürülmüş malzeme içermesini ve bu hedef 2030 yılı itibarıyla, %80'e çıkarılacaktır¹. Bu düzenlemeler, akü üretimi sırasında çevresel standartlara uyumu artırmak ve geri dönüşüm oranlarını yükseltmek amacıyla oluşturulmuştur. Akülerin kullanım ömrü sona erdiğinde, geri dönüşüm süreçlerinin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi

beklenmektedir. Polipropilen (PP) gibi geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımı, bu hedeflere ulaşmada önemli bir rol oynayacaktır.

Polipropilen, yeniden eritilip tekrar kullanılabilen yarı kristal termoplastik bir malzeme olduğundan, kurşun-asit akülerdeki kullanımının geri dönüşüm potansiyeli oldukça yüksektir. Geri dönüştürülebilir özelliğinin yanı sıra düşük maliyet, işlenebilirlik ve mükemmel kimyasal stabiliteye sahiptir². Geri dönüşüm sürecinde, atık PP malzemeleri, fiziksel veya kimyasal işlemlerle yeniden işlenerek yeni ürünler elde edilir. Bu süreç, çevresel etkilerin azaltılmasına ve yeni hammadde ihtiyacının karşılanmasına yardımcı olur.

PP geri dönüşüm prosesi, üretilecek malzeme spesifikasyonlarına göre toplanan PP atıkların temizlenip ayrıştırılması ile başlar. Yıkama, çalışılan malzemenin türüne, kirlilik oranına ve kullanım alanına bağlı olarak değişmektedir. Temizlenen plastikler polimer tipine, ürün çeşitliliğine, rengine vb. kıyaslara göre sınıflandırılır. Ardından atık PP malzemeler parçalayıcı içine alınarak, düzensiz şekillerde “flakes” denen forma getirilir. Flakes malzemeler aglomeratöre beslenerek granül halinde, rPP, yeniden kullanıma hazır malzeme üretimi tamamlanır³.

Malzeme ve Test Standartları

Geri dönüşüm PP (rPP) malzeme, %100rPPcopolymer, Post-Consumer (PCR), Post-Industrial (PIR) ve End-of-Life Vehicles (ELV) atıkları geri dönüştürerek ekonomiye geri kazandıran yerli bir firmadan tedarik edilmektedir. Otomotiv ve beyaz eşya sektörüne ürün sağlayan firma geri dönüşüm sektöründe gelişmeye devam eden çalışmalar yapmaktadır. rPP malzeme, yüksek UV dayanımı ve çizilmelere karşı dayanıklı yapısı ile iç-dış & görsel parçalarda kullanılmaktadır.

Geri dönüştürülmüş plastiklerin mekanik özellikleri, yeniden işleme sırasında ısı, mekanik stres ve oksidasyondan kaynaklanan bozulma gibi çeşitli parametreler nedeniyle aynı kalmaz². Bu nedenle rPP malzemelerin kalitesini değerlendirmek amacıyla çeşitli test yöntemleri uygulanmaktadır.

Malzeme testleri ve ürün testleri kurşun-asit akülerin performans, güvenlik ve dayanıklılık kriterlerini belirleyen EN 50342-5 standardına ve otomotiv şartnamelerine göre test edilmektedir. EN 50342-5, özellikle otomotiv uygulamalarında kullanılan akülerin tasarımını, test yöntemlerini ve kalite kontrol süreçlerini kapsamaktadır. Akü kutu ve kapak malzemeleri için belirlenen standartlar, malzemenin mekanik, kimyasal ve fiziksel dayanıklılığını garanti etmeye yönelik olarak oluşturulmuştur.

Fiziksel Özellikler

- 1. Yoğunluk Kontrolü (ISO 1183):** Malzemenin birim hacimdeki madde miktarıdır. Plastiklerde tutarlı bir kalite için yoğunluk belirleme işlemi önemlidir.
- 2. MeltFlow Index (MFI) (ISO 1133):** MFI testi, malzemenin akışkanlık özelliklerini belirlemek için yapılır. Bu test, geri dönüşüm malzemesinin işlenebilirliği hakkında önemli bilgiler sunar.
- 3. Kül Oranı (ISO 3451):** Kül oranı, malzemenin yanıcı ve yanmayan bileşenlerinin oranını belirler. Bu test, malzemenin saflığını ve malzeme içerisinde bulunan inorganik dolgu/takviye maddelerinin oranını belirler.

Mekanik Özellikler

Akü kutu ve kapakları, dış etkenlere karşı dayanıklı olmalıdır. Bu nedenle, darbe dayanıklılığı ve çekme testi gibi mekanik testler yapılmaktadır.

1. Çekme Testi (ISO 527-1):rPP granül malzemeden ISO 527-2 standardına uygun olarak çekme testi numunesi hazırlanır. Bu test, akma noktasındaki çekme mukavemeti, akma noktasındaki uzama, elastik modülüs ve kopma noktasındaki uzaması gibi mekanik özellikleri belirlemek için yapılır. Çekme testleri, malzemenin mekanik performansını ve dayanıklılığını ölçmede önemli bir rol oynar.

2. Çentikli Darbe Testi (ISO 180): Bu test, malzemenin soğuk ve oda sıcaklıklarında darbe dayanımını belirlemek için uygulanır. Özellikle rPP'nin çeşitli ortam koşullarındaki dayanıklılığı hakkında bilgi sağlar.

3. HDT (Sıcaklığa Bağlı Deformasyon Testi) (ISO 75):Akülerin çalıştığı ortamlarda sıcaklık değişiklikleri önemli bir rol oynar. HDT testi, malzemenin sıcaklık altında deformasyon davranışını belirler. HDT-A ve HDT-B metotları kullanılarak yapılan bu testler, rPP'nin yüksek sıcaklıklardaki performansını değerlendirir. Ayrıca bu test ile akünün sıcaklık ile şarj esnasında veya çalışma koşullarında şişme miktarı ile ilgili bir yaklaşımda bulunulabilir.

Numunelerin kristalleşme ve erime sıcaklıklarını tespit etmek için DSC analizi gerçekleştirilmiştir (TS EN ISO 11357-6).

Bu testler, rPP malzemenin kalitesini ve işlenebilirliğini belirlemek için kapsamlı bir değerlendirme sunar. Uygulanan testler sonucunda elde edilen veriler, malzemenin hangi koşullarda güvenle kullanılabileceğini belirler. Örneğin sap malzemesi, kurşun-asit akülerde güvenlik riski oluşturabilecek kısımlardan olup, rPP malzemenin çekme testi sonuçlarına göre sap malzemesi için uygunluğu ayrıca değerlendirilmelidir, gerekirse malzeme geliştirme süreçlerine yön verilmesini gerektirebilir.

rPP kutular, kurşun-asit akü üretim süreçleri sırasında çeşitli mekanik, kimyasal ve termal deformasyonlara maruz kalır. Bu deformasyonlar, akülerin performansını ve güvenliğini etkileyebilir. Montaj prosesi ile, 6 adet 2V'luk eleman setler rPP kutu içerisindeki hücrelere yerleştirilir. Hücreler arasındaki bağlantılar, kurşun köprüler aracılığıyla yapılır ve bu bağlantılar, 12V'luk bir akü oluşturur. Sonrasında, akü kutusu ve kapağı bir araya getirilir. Bu noktada, "heatsealing" olarak bilinen proses gerçekleştirilir. Heatsealing, kutu ve kapakların belirli bir sıcaklıkta ve sürede eritilerek birbirine yapışmasını sağlar. Bu süreç, akü içindeki elektrolit sızıntısını önlemek ve mekanik dayanıklılığı artırmak için kritik öneme sahiptir. rPP malzemelerde, maksimum-minimum, uygun çalışma parametrelerini belirlemek için "heatsealing" hatlarında good-zone çalışması yapılmıştır.

SONUÇ

rPP malzeme ile yapılan ilk kontrol test sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Malzeme özellikleri kurşun-asit akü kutu-kapak malzemelerinde kullanılan virgin PP hammadde teknik spesifikasyonlarına göre değerlendirilmiştir. Fiziksel ve kimyasal test sonuçlarına göre malzeme uygunluğuna karar verilmiştir. Sonrasında ürün testleri ile devam edilmiştir.

	Fiziksel Özellikler			Kimyasal Özellikler	
Test/Birim	MFI (g/10 min)	Yoğunluk (g/cm ³)	Kül Oranı @ 600°C (%)	DSC Analizi	
				Erime Pik Sıcaklığı (°C)	Entalpi (J/g)
Virgin PP	6-10	0,92-0,94	0-1	160-170	65-80
rPP	10,09	0,935	4,2	166,78	47,645

Tablo 1 Virgin PP ve rPP İlk Kontrol Test Sonuçları

Enjeksiyon yöntemiyle basılmış rPP kutu malzemelerinden, ISO 527-2 standardına uygun olarak kesilen çekme numunelerinin, gerilme-genleme davranışı analiz edilerek mekanik özellikleri tanımlanmıştır. Virgin PP ve rPP çekme testi sonuçlarının karşılaştırılması Tablo 2’de verilmiştir.

	Mekanik Özellikler					
	Kutu Tipi	Sertlik (Shore D)	Akma Mukavemeti (MPa)	Akma Noktasında Uzama (%)	Elastik Modülüs (Mpa)	Kopma Noktasında Uzama (%)
Virgin PP	L3	68	25,24	4,64	1314	412
rPP	L3	67	22,59	6,12	1210	171

Tablo 2 Virgin PP ve rPP Çekme Testi Sonuçları

%100 geri dönüşüm içeriğe sahip rPP malzemenin çekme testi sonuçları, hali hazırda kurşun-asit akü kutularında kullanılan onaylı PP hammadde malzemesi çekme testi sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Araştırmamızın başında da beklendiği üzere, geri dönüşüm malzemelerde belli bir mukavemet ve rijitlik kaybı gözlemlenmiştir.

rPP malzeme daha düşük akma mukavemeti ve elastik modülüs sonuçları vermiştir. Virgin malzeme ve rPP malzeme arasında en belirgin özellik farkı, kopma noktasında % uzama değerlerinde olmuştur. rPP malzemelerde düzensiz kopma uzama karakteristiği, rPP malzemelerde oluşabilecek kalite farklılaşmalarına dikkat etmemiz gerektiğini göstermiştir. Akma mukavemetinin 22,59 MPa olması, kurşun-asit akülerde kullanılan sap malzemesi için kalite ve güvenlik problemlerine yol açabilir. Bu nedenle sap mukavemetinin test edilmesi için hazırlanan sap çekme testi prosedürüyle, Şekil 1, sap uygunlukları kontrol edilmiştir. Bu test sonucunda sap malzemelerin çekme kuvveti, Max. ağırlıktaki kurşun-asit akü tipi ağırlığının Min. 3 katı kadar olmalıdır. Test sonucunda rPP malzemelerin sap malzemelerde uygunsuzluğuna karar verilmiştir.



Şekil 1 Sap Çekme Testi (TS_EN_50342_5_4.4.4)

Montaj hattında uygulanan kutu-kapak yapıştırma prosesi sonrasında, kutu-kapak yapışma mukavemeti İNCİ GS YUASA'nın belirlediği test standardına göre belirlenmiştir. Kutu-kapak yapışma sonrası kutular yapışma noktasından kesilir. Dört farklı yapışma noktasından alınan numuneler çekme testi cihazında, 50 mm/dk hızla çekilerek, çekme testi uygulanmaktadır. Yapışma mukavemeti, belirlenen spesifikasyon değerlerine göre değerlendirilerek, rPP malzemelerde yüksek sıcaklıklarda eritme ve yapıştırma sonrasında yapışma kalitesini etkileyen bir sonuçla karşılaşılmamıştır.

KAYNAKLAR

1. European Parliament and Council. (2023). "Recycling Efficiency Targets." Official Journal of the European Union.
2. Jamnongkan, T., Intramongkol, N., Samoechip, W., Potiyaraj, P., Mongkhorrattanasit, R., Jamnongkan, P., Wongwachirakorn, P., Sugimoto, M., Ito, H., & Huang, C.-F. (2022). Towards a Circular Economy: Study of the Mechanical, Thermal, and Electrical Properties of Recycled Polypropylene and Their Composite Materials. *Polymers*, 14(24), 5482.
3. Mahendrasinh M. Raj et al. (2013). *IJSIT*. 2(3), 194-203.

Atkı İpliği Renkli Pamuktan Elde Edilen Denim Kumaşların/Giysilerin Performans Özelliklerinin İncelenmesi

Ceren IŞIK¹, Ceren Başak BOZELİ¹, Elif Aylin PEKTAŞ²

¹İskur Denim İşletmeleri Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi, Ar-Ge Merkezi

²İnovaktif Ar-Ge Danışmanlık, Kahramanmaraş TGB

ceren.isik@iskurdenim.com¹, ceren.sungur@iskurdenim.com¹, eyaylin@aktifarge.com²

ÖZET

Tekstil endüstrisinde denim kumaşlar, mavi-beyaz veya bunların renk derinliği ile oluşan efektten kaynaklı çok sevilen ve ilgi duyulan kumaşlar haline gelmiştir. Denim kumaşlardaki bu renk geçişleri, onların katma değerini artırmakta ve albeni oluşturmaktadır. Bu nedenle denim kumaşların atkı ipliğindeki renk çeşitliliğinin, performans ve tasarım üzerindeki etkisi merak edilerek, deneysel çalışma kurgulanmıştır. Bu renk çeşitliliğinin boyama ile eldesi su ayak izini artıran bir unsur olacaktır. Bu nedenle atkı ipliğini renklendirecek farklı alternatif arayışına girilmiş ve renkli pamuk araştırması yapılmıştır. Ar-Ge merkezi kapsamında Çukurova bölgesinde yetiştirilen renkli pamuk elyafı ile deneysel çalışma ve sonrasında ürün kurgusu yapılmıştır. Çalışma kapsamında, atkı ipliği olarak renkli pamuktan elde edilen %100 pamuk ipliği kullanılmıştır. Amaç renkli pamuk ile elde edilen ipliğin atkıda kullanımı ve ekolojik, albenisi yüksek tasarımlar yapabilmektir. Ayrıca renkli pamuktan elde edilen iplikten dokunan ve dikilen giysilerin de efekt yıkamalarına karşı tepkisi, ortaya çıkan renk durumu araştırma konusu olmuştur.

Buna göre çalışmada, atkı ipliği olarak kullanılmak üzere 4 adet Ne 10/1 %50 renkli pamuk (koyu kahverengi)-%50 pamuk, Ne 10/1 %25 renkli pamuk (koyu kahverengi)- %75 pamuk, %50 (açık kahverengi)- %50 pamuk ve Ne10/1 %25 renkli pamuk (açık kahverengi)- %75 pamuk renkli pamuk elyafından üretilen iplik temin edilmiştir. Daha sonra bu renkli iplikler denim kumaşlarda atkı ipliği olarak kullanılmıştır. Çözümlü ipliği olarak ise Ne 6/1 OE karde, indigo ve kükürt boyalı %100 pamuk ipliği kullanılmıştır. Bu kumaşlar 3/1 Z dimi örgü yapısı ile dokunmuştur. Atkı ipliğinde renkli pamuk içeren kumaşların fiziksel performans testleri (sürtünmeye karşı renk haslığı, kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti, eğilme dayanımı ve gramaj) atkı ipliğinde renksiz ham pamuk içeren denim kumaşlar ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen tüm numunelerin renkleri, geri boyama performansları da araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: doğal renkli pamuk, denim, çevre dostu, su ayak izi

GİRİŞ

Denim kumaşlar genellikle 2/1 Z dimi ve 3/1 Z dimi dokuma yapılarında üretilmekte olup çözgü iplikleri indigo boyanmış ipliklerden oluşurken atkı ipliği beyaz renklidir¹. Her geçen gün denim kumaşların ve giysilerin zamanla değişen moda akımlarının ve kullanım alanlarının değişimi ile farklı prosesler uygulanarak moda akımlarına uyum sağladığı bilinmektedir. Bu prosesler ise, çeşitli efektlendirme teknikleri, bitim işlemleri, parça boyama ve baskı olarak sıralanabilmektedir.

Renkli pamuk, doğal olarak farklı renklerde yetişen pamuk bitkilerinden elde edilen bir pamuk türüdür. Genellikle beyaz olan pamuktan farklı olarak, bu pamuklar kahverengi, yeşil, krem ve hatta pembe tonlarında olabilmektedir. Doğal olarak renkli oldukları için bu pamuklar boyama işlemine gerek kalmadan kullanılabilirler². Renkli pamuğun tekstil ürünlerinde kullanım amaçları, doğal renklendirme ve ekolojik avantajlar olarak sıralanabilmektedir. Renkli pamuğun tekstil ürünlerinde kullanım alanları ise, ekolojik avantajları ve boyasız doğal görünümü nedeniyle sürdürülebilir moda ve çevre dostu tekstil ürünlerinde kullanılmaktadır³. Organik giysiler, çocuk kıyafetleri, ev tekstili ve iç çamaşırları gibi doğrudan cilde temas eden ürünlerde yaygın olarak tercih edildiği bilinmektedir⁴⁻⁵.

Bu çalışmada, geleneksel denim kumaş yapısının dışında atkı ipliği renkli pamuktan elde edilen kumaşlar üretilmiştir ve denim kumaş yapılarında kullanım olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla, farklı oranlarda renkli pamuk içeren atkı iplikleri ile denim kumaşlar oluşturulmuş ve referans denim kumaşlar ile fiziksel performansları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar renkli pamuk kullanılarak elde edilen denim kumaşların kullanılabilir olduğunu göstermiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Çalışma kapsamında, atkı ipliği olarak Bal Pamuk'tan temin edilen farklı oranlarda doğal elyaf içeren açık kahverengi ve koyu kahverengi elyaf içeren iplikler kullanılmıştır. Çözümlü ipliği olarak ise indigo ve kükürt boyalı iplikler kullanılarak 3/1 Z dimi kumaşlar elde edilmiştir. Çözümlü ipliği kükürt boyalı olan kumaşlar K, indigo boyalı olanlar ise İ kodu almıştır. Renkli pamuk atkı iplikleri ise RPA kodlarını almıştır. Ayrıca çalışmada, referans olarak kullanılmak üzere %100 pamuk ipliklerden 3/1 Z kumaşlar elde edilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan ipliklere ait özellikler Tablo 1' de verilmiştir. Elde edilen kumaşlara ait özellikler ise Tablo 2' de verilmiştir.

Numune Adı	Çözümlü ipliği	Atkı ipliği	Renkli pamuk atkı ipliği-1	Renkli pamuk atkı ipliği-2	Renkli pamuk atkı ipliği-3	Renkli pamuk atkı ipliği-4
Numune Kodu	Ç	A	RPA1	RPA2	RPA3	RPA4
İplik Numarası	Ne 6/1	Ne 10/1	Ne 10/1	Ne 10/1	Ne 10/1	Ne 10/1
İplik Rengi	Beyaz	Beyaz	%50 koyu kahverengi- %50 pamuk	%25 koyu kahverengi- %75 pamuk	%25 açık kahverengi- %75 pamuk	%50 açık kahverengi- %50 pamuk

Tablo 1 Çalışma kapsamında kullanılan iplik özellikleri

Numune Kodu	Referans-K	Referans-K	K- 1	K 2	K3	K4
Kumaş Konstrüksiyonu	%100 pamuk, kükürt boyalı	%100 pamuk	%16,5 Koyu Kahverengi- %83,5 Pamuk	%8,25 Koyu Kahverengi- %91,75 Pamuk	8,25 Açık Kahverengi- %91,75 Pamuk	%16,5 Açık Kahverengi- %83,5 Pamuk
Numune Kodu	Referans-İ	Referans-İ	İ 1	İ 2	İ 3	İ 4
Kumaş Konstrüksiyonu	%100 pamuk, indigo boyalı	%100 pamuk	%16,5 Koyu Kahverengi- %83,5 Pamuk	%8,25 Koyu Kahverengi- %91,75 Pamuk	%8,25 Açık Kahverengi- %91,75 Pamuk	%16,5 Açık Kahverengi- %83,5 Pamuk

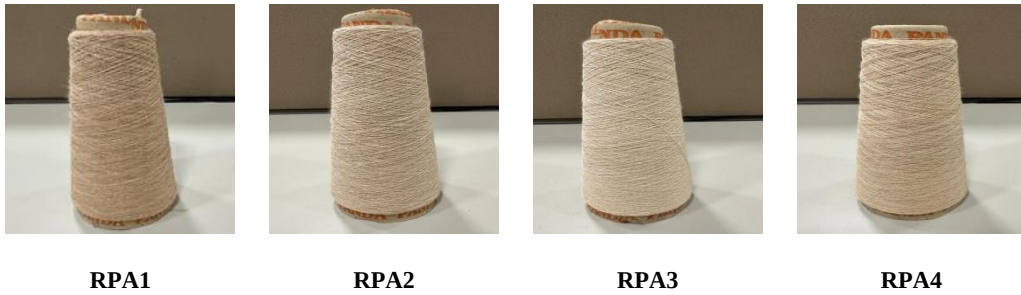
Tablo 2 Çalışma kapsamında kullanılan denim kumaş yapıları

Tablo 3’ te kumaş yapısında kullanılan ipliklere ait özellikler verilmektedir.

Numune	Elastikiyet	Elastikiyet %CV	RKM	RKM %CV	%U	%CVm	NEPS +200%
Ç	7,3	5,5	14	6,0	9	11,8	12
A	7	6	12	6	9,80	12	31
RPA1	7,50	4,97	18,15	6,14	11,75	15,08	8,00
RPA2	7,24	5,19	18,31	8,04	8,11	10,24	0,00
RPA3	7,44	3,17	18,66	5,25	8,90	11,25	3,00
RPA4	7,86	4,35	20,02	6,31	9,57	12,27	8,00

Tablo 3 İpliklere ait test sonuçları

Çalışmada kullanılan renkli pamuk ipliğine ait görseller Şekil 1’de verilmektedir.



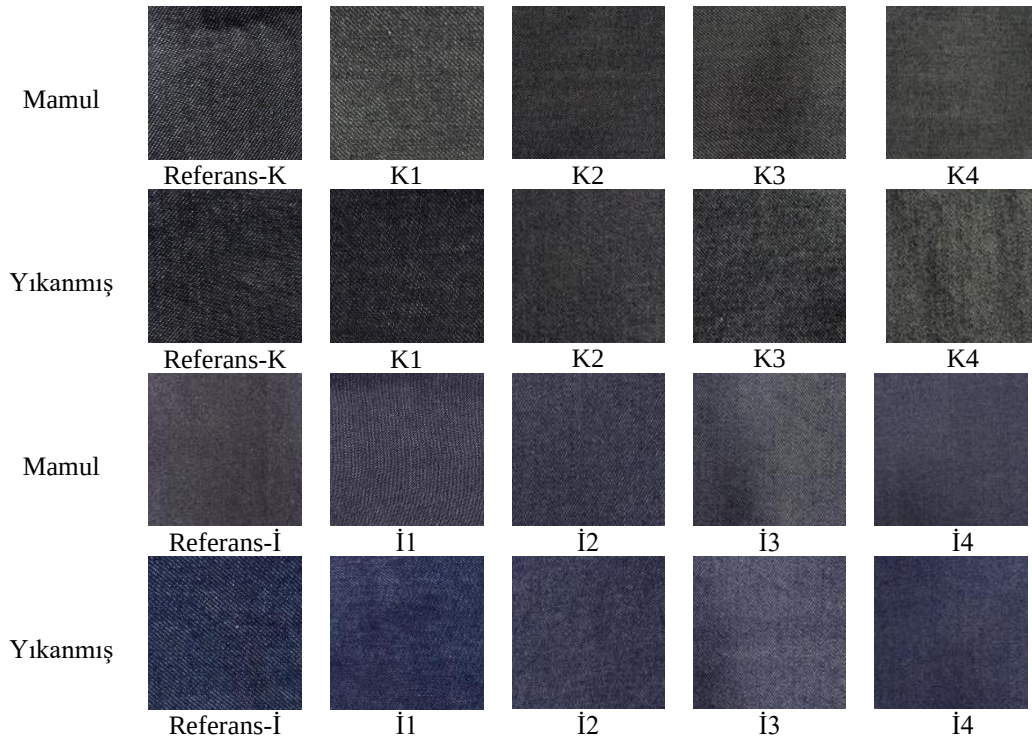
Şekil 1 Renkli pamuktan elde edilmiş iplik görselleri

Tablo 4’te kumaş yapısında kullanılan renkli atkı ipliklerine ait CIELab değerleri verilmektedir.

Numune Kodu	L*	a*	b*
RPA1	72,66	5,11	14,38
RPA2	63,03	7,39	17,81
RPA3	71,66	5,49	16,17
RPA4	74,14	4,51	14,25

Tablo 4. Atkı ipliklerine ait renk ölçüm sonuçları

Elde edilen kumaşlara ait görseller Şekil 2’ de verilmektedir.



Şekil 2 Kumaşlara ait görselleri

Metot

Çalışma kapsamında, çözgü ipliği olarak kullanılan Ne 6/1 iplikler halat boyama makinasında indigo ve kükürt boyarmaddesi ile boyanarak her bir kumaş 17 sıklık ile rapierli dokuma makinasında dokunmuştur. Daha sonra terbiye işletmesinde bitim işlemi yapılmıştır. Elde edilen kumaşlara endüstriyel yıkama makinesinde haşıl sökme ve rins yıkama işlemi yapılmıştır. Bu kapsamda, çalışmada kullanılan kumaşların haşıl sökme ve rins yıkama işlemi 150 litre flotte içerisinde 60°C de 10 dakikada gerçekleştirilmiştir. Şekil 3’te endüstriyel yıkama makinesi görseli verilmiştir. Bu çalışmada standart fiziksel değerlerin altına düşmeden ve hedeflenen kaliteden ödün vermeden atkı ipliğinde renkli pamuk kullanılarak denim kumaş üretimi planlanmıştır. Bu amaçla denim kumaşlara yıkama işleminden önce ve sonra bazı fiziksel performans testleri yapılmıştır. Bu kapsamda; yırtılma mukavemeti (ASTM D-1424), kopma mukavemeti (ASTM D-5034), kumaş gramajı (ASTM D-3776), eğilme dayanımı, yaş

ve kuru sürtme haslığı (AATCC 8) testleri belirtilen standartlara göre yapılmıştır. Ayrıca çalışmada elde edilen kumaşların ön ve arka yüzlerinin CIELab değerleri ölçülmüştür. Arka yüzün CIELab değeri özellikle geri boyama performansının tespiti için gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3 Endüstriyel yıkama makinesi

3.BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Tablo 5’te kumaşlara ait yırtılma mukavemetine ait değerlendirme sonuçları verilmektedir.

Numune kodu	Mamul kumaş		Rins yıkama	
	Yırtılma Mukavemeti (gf)			
	Çözüğü	Atkı	Çözüğü	Atkı
Referans-K	4965	2403	5195	2481
K1	6779	3960	5948	4059
K2	6779	4353	6165	4931
K3	5822	5172	6063	5385
K4	6779	4569	5704	4314
Referans-İ	5344	2469	5369	2235
İ1	6779	3516	5753	3871
İ2	6170	4227	5403	4627
İ3	5946	4290	5526	4686
İ4	6779	3871	5205	4637

Tablo 5 Kumaşlara ait yırtılma mukavemeti (gf) test sonuçları

Numunelere ait çözgü yönünde yırtılma mukavemeti test sonuçları incelendiğinde, kumaşların çözgü ipliklerinin renginden bağımsız olarak, atkı ipliğinde renkli pamuk kullanımıyla kumaşın yırtılma mukavemeti değerlerinin 4965 gf ‘dan 6779 gf ‘a kadar artış gösterdiği tespit edilmiştir. Ortaya çıkan bu artış renkli pamuk ipliklerindeki RKM değerlerinin referans atkı ipliği RKM değerinden yüksek olması nedeniyle açıklanabilmektedir. Haşıl sökme ve rins yıkama işlemi sonrasında elde edilen yırtılma mukavemeti değerleri incelendiğinde, çözgü yönünde yırtılma mukavemeti değerlerinde belirli bir değişim olmadığı görülmüştür.

Numunelere ait atkı yönünde yırtılma mukavemeti test sonuçları incelendiğinde ise, haşıl sökme ve rins yıkama işlemi sonrasında elde edilen yırtılma mukavemeti değerlerinin iplikteki haşıl maddesinin giderilerek kumaş rijitliğinin azalmasından kaynaklı iyileştiği görülmektedir.

Tablo 6’ da kumaşlara ait kopma mukavemetine ait değerlendirme sonuçları verilmektedir.

Numune kodu	Mamul kumaş		Rins yıkama	
	Kopma Mukavemeti (kgf)			
	Çözüğü	Atkı	Çözüğü	Atkı
Referans-K	82	37	78	37
K1	87	44	81	45
K2	79	48	90	53
K3	81	56	91	56
K4	85	52	87	39
Referans-İ	86	38	90	35
İ1	80	44	91	38
İ2	79	48	94	48
İ3	83	56	93	50
İ4	86	44	87	47

Tablo 6. Kumaşlara ait kopma mukavemeti test sonuçları

Numunelere ait atkı ve çözgü yönündeki kopma mukavemeti değerleri incelendiğinde, çözgü ipliklerinin renginden bağımsız olarak çözgü ve atkı yönü kopma mukavemet değerlerinde iyileşme söz konusu olsa da belirgin bir değişiklik olmadığı görülmüştür. Aynı zamanda haşıl sökme ve rins yıkama işleminden sonra da yine çözgü ve atkı yönü kopma mukavemeti değerlerinde belirgin bir fark olmadığı görülmüştür. Buna göre renkli pamuk kullanımının kumaşların kopma mukavemetlerine olumsuz bir etkisinin olmadığı söylenebilmektedir.

Tablo 7’ de kumaşlara ait gramaj değerlendirme sonuçları verilmektedir.

Numune kodu	MamulKumaş	Rins Yıkama
	Gramaj (gram/m ²)	
Referans-K	371	380
K1	378	371
K2	378	379
K3	380	376
K4	382	376
Referans-İ	380	384
İ1	371	377
İ2	379	374
İ3	376	374
İ4	376	378

Tablo 7 Kumaşlara ait gramaj sonuçları

Numunelere ait kumaş gramajları incelendiğinde, numunelerin yıkama öncesi ve sonrasında kumaş gramajlarının benzer olduğu görülmüştür.

Tablo 8’de kumaşlara ait kuru ve yaş sürtme haslığına ait değerlendirme sonuçları verilmektedir.

Numune Kodu	Mamul kumaş		Rins yıkama	
	Kuru Sürtme Haslığı	Yaş Sürtme Haslığı	Kuru Sürtme Haslığı	Yaş Sürtme Haslığı
Referans-K	4/5	2	4/5	2
K1	4/5	2	4/5	2
K2	4/5	2	4/5	2
K3	4	2	4/5	2
K4	4/5	2	4/5	2
Referans-İ	4/5	2/3	4/5	2/3
İ1	4/5	2	4/5	2/3
İ2	4/5	2	4/5	2/3
İ3	4/5	2	4/5	2/3
İ4	4/5	2	4/5	2/3

Tablo 8 Kumaşlara ait sürtünmeye karşı renk haslığı test sonuçları

Elde edilen sürtme haslığı verileri değerlendirildiğinde, rins yıkama sonrasında kükürt boyalı kumaşların yaş ve kuru sürtme haslığında herhangi bir değişim görülmemiştir. İndigo boyalı kumaşlarda ise kuru sürtme haslıklarında herhangi bir değişim görülmezken yaş sürtme haslıklarının rins yıkama sonrasında yarım puan iyileştiği görülmüştür.

Tablo 9’ da kumaşlara ait eğilme dayanımı test sonuçları verilmektedir.

Numune Kodu	Mamul Kumaş	Rins Yıkama
	Eğilme Dayanımı (mg.cm)	
Referans-K	466,52	428,26
K1	454,67	349,54
K2	483,44	446,64
K3	318,1	384,99
K4	455,69	334,1
Referans-İ	666,94	491,19
İ1	484,12	471,69
İ2	541,63	397,65
İ3	418,11	407,73
İ4	607,94	365,36

Tablo 9 Kumaşlara ait eğilme dayanımı test sonuçları

Eğilme dayanımı test sonuçlarından elde edilen veriler incelendiğinde, rins yıkama sonrasında kumaşların eğilme dayanımlarında düşüş meydana geldiği görülmüştür. Buna göre rins yıkama sonrasında kumaşların daha dökümlü olduğu ve daha yumuşak bir tuşeye sahip olduğu

görülmüştür. Elde edilen bu sonuç beklenen bir durumdur. Çünkü haşılama işlemi yapılmış dokuma kumaş rijittir ve tuşesi serttir. Yıkama işlemi ile haşıl maddesi kumaş üzerinden uzaklaştırıldığında kumaş daha esnek ve yumuşak bir hal almaktadır.

Tablo 10 ve 11’de çalışma kapsamında elde edilen kumaşların ön ve arka yüzeylerinin renk ölçüm değerleri verilmektedir.

Numune kodu	Mamul Kumaş			Rins yıkama		
	Kumaş Ön Yüzü					
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Referans-K	22,48	0,41	0,41	17,73	0,48	-0,28
K1	20,78	1,31	2,13	16,28	1,05	1,06
K2	22,31	0,75	1,25	17,06	0,76	0,52
K3	22,62	0,57	1,01	18,02	0,56	0,35
K4	22,54	0,75	1,48	17,61	0,68	0,67
Referans-İ	23,54	0,73	-4,76	18,81	1,05	-7,2
İ1	21,12	1,65	-3,66	16,08	1,79	-6,93
İ2	22,3	1,24	-4,36	17,66	1,45	-7,14
İ3	23,22	0,96	-4,86	18,08	1,39	-7,48
İ4	21,54	1,28	-4,79	17,92	1,4	-7,26

Tablo 10 Kumaş ön yüzlerinin renk değerleri

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde mamul ve rins yıkama sonrası K1 ve İ1 kodlu numunelerin L değerlerinin diğer numunelere göre daha koyu olduğu görülmüştür.

Numune kodu	Mamul Kumaş			Rins Yıkama		
	Kumaş Arka Yüzü					
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Referans-K	53,31	-0,13	2,54	50,35	0,04	2,12
K1	46,83	3,69	10,25	42,62	3,58	9,39
K2	49,88	1,69	6,42	47,44	1,96	6,37
K3	52,91	1,08	5,7	49,97	1,24	5,45
K4	51,33	1,99	8,24	47,59	2,08	7,75
Referans-İ	54,54	-0,8	1,15	53,66	-0,69	0,13
İ1	46,64	2,73	8,02	41,72	1,76	5,48
İ2	50,21	1,27	4,91	47,17	1,33	3,68
İ3	52,65	0,05	3,07	50,4	0,45	2,71
İ4	51,04	1,01	5,87	47,46	1,03	4,73

Tablo 11 Kumaş arka yüzlerinin renk değerleri

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde mamul ve rins yıkama sonrası K1 ve İ1 kodlu numunelerin L değerlerinin diğer numunelere göre daha koyu olduğu görülmüştür. Aynı zamanda rins

yıkama sonrasında geri boyama gerçekleşmiş ve atkı ipliğindeki L* değerleri daha koyu çıkmıştır.

SONUÇ

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, yapısında renkli pamuk kullanılan denim kumaşların ve referans kumaşların fiziksel performans testlerinden benzer sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Kopma mukavemeti, gramaj ve sürtünmeye karşı haslık değerlerinde değişim olmadığı tespit edilirken yırtılma mukavemeti ve eğilme dayanımı testlerinin denim kumaş yapısında renkli pamuk kullanımı ile iyileşmeler görüldüğü tespit edilmiştir.

Elde edilen bu sonuçlar atkı ipliğinde renkli pamuk kullanılmasının denim kumaşın kullanılabilirliği açısından bir problem teşkil etmeyeceğini göstermektedir. Bu sayede, çevre dostu üretimin büyük önem kazandığı günümüz koşullarında renkli pamuğun çevre kirliliğine ve insan sağlığına olumsuz etkisinin daha az olması, bu liflerden üretilen kumaşın işlem maliyetinin daha düşük olması gibi önemli avantajlar göz ardı edilmeyerek bir yandan renkli pamuk yetiştiriciliği konusunda bu liflerin tekstil alanında kullanılabilirliğini engelleyen sorunlara çözüm üretecek araştırmaların yapılması gerekirken öte yandan mevcut durumu ile renkli pamuğun ne gibi alanlarda değerlendirilebileceğini ortaya koyan ürüne yönelik çalışmalar yapılması gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Mezarcıöz, S., Toksöz, M., and Sarker, M. E. “Effect Of Sustainable Cotton Fibers On Denim Fabric Selected Properties” Journal of Natural Fibers, 19(15), 10345-10355.(2022).
2. Gürel, A., Akdemir, H., ve Karadayı, H. B., “Doğal Renkli Elyafı Pamukların Ege Bölgesi Koşullarında Üretilme Olanakları”, Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 11(1),(2001).
3. Şenel, G., Yüksel, M. F., ve Atav, R., “Doğal Renkli Pamuk Genel Özellikleri ve Tekstil Alanında Yapılan Önceki Çalışmalar”, Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 33(1), 283-293, (2021)
4. ÜTE, T. B., Marmaralı, A., Oğlacioğlu, N., Çelik, P., ve Kadoğlu, H. “Doğal Renkli Pamuk ve Angora Tavşanı Lifi Karışımından Üretilen İpliklerin Özellikleri ve Örgü Kumaşların Isıl Konforuna Etkileri Üzerine Bir Araştırma”, Journal of Textile and Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon, 18(3), (2008).
5. Mondal, M. I. H., and Khan, M. M. R. “Characterization And Process Optimization Of Indigo Dyed Cotton Denim Garments By Enzymatic Wash”, Fashion and Textiles, 1, 1-12, (2014).

PROSES GELİŞTİRME

Denim Kumaşların Açık En Olarak Jigger Makinesinde Ozon Gazı ile Efektlendirilmesi / Soldurulması ve Sürdürülebilir Proses Geliştirilmesi

Abdulkadir Aydın¹, Ebru Çalışkan¹, Prof. Dr. Onur BALCI²

¹Baykan Denim Konfeksiyon A.Ş. Ar-Ge Merkezi, Malatya/Türkiye

²İnovaktif Ar-Ge Danışmanlık, Kahramanmaraş TGB, Kahramanmaraş/Türkiye

ebru.caliskan@baykandenim.com¹, abdulkadir.aydin@baykandenim.com¹,

obalci@aktifarge.com²

ÖZET

Denim kumaşın, giysi haline gelene kadar, konfeksiyon ve yıkama temel adımlarından oluşan uzun bir proses yolu vardır. Bu yol, serim-kesim-dikim gibi konfeksiyon ve mekanik-kimyasal efektlendirme aşamalarından oluşmaktadır. Kimyasal efektlendirmenin en önemli adımı, denim giysiyi katma değerli yapan soldurma-ağartma prosesleridir. Bu prosesler konvansiyonel olarak sodyum hipoklorit, potasyum permanganat, çeşitli enzimler veya ozon gazı kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Ancak bu uygulamaların ortak noktası, işlemin giysi formatında ve kesikli olarak yapıyor olmasıdır. Genellikle tamburlu yıkama makinelerinde uygulanan proseslerdir ve proses verimleri düşüktür.

Çalışma kapsamında bu uygulamalardan biri olan ozon gazı ile efektlendirme incelenmiştir. Konvansiyonel uygulamalardan farklı olarak, açık en ve kumaş formundaki tekstil materyaline applike edilmesinin yanında bu aplikasyon için özel bir sistem de tasarlanmıştır. Ozon gazı farklı sürelerde uygulanarak, efekt üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sistemin kesiksiz olması, ozon gazı kullanılması, sonrasındaki kesikli prosesleri ortadan kaldıracak veya azaltacak olması da sürdürülebilir denim giysi üretiminin önünü açacak bilgilerin eldesini sağlayacaktır. Çalışma kapsamında indigo ve kükürt boyalı 3 tip denim kumaş üzerinde yürütülen denemeler sonrasında, kumaşların fiziksel ve görsel özellikleri test edilmiştir ve birbirleriyle kıyaslanmıştır.

Anahtar kelimeler: jigger, denim, ozon, yıkama, efekt, sürdürülebilirlik, mukavemet, renk, haslık

GİRİŞ

Denim kumaşlar, çözgüsü indigo boyarmadde ile renklendirilmiş, atkı yönü ise ham iplikten elde edilen, dayanıklı, genellikle dimi örgüye sahip dokuma kumaşlardır. Bu kumaşlardan elde edilen giysilere Türkiye’de genellikle “kot” denilmektedir. Denim konfeksiyon sektörü ülkemizde önemli ihracat kalemlerinden biridir. İstanbul Hazır Giyim ve Konfeksiyon İhracatçıları Birliği’nin yayınladığı 2024 yılı ilk çeyrek raporuna göre 2024 yılının Ocak-Haziran döneminde Türkiye’den 738,4 milyon dolarlık denim giysi ihracatı yapılmıştır ve bu dönemde dokuma konfeksiyon ihracatı içerisinde denim giysilerin payı %22,8 olmuştur. Bu rakamlar ülkemiz tekstil sanayisi için denim sektörünün önemini ortaya koymaktadır.

Denim sektörü, moda endüstrisinin çevreye en fazla etki eden alanlarından biridir. Geleneksel denim üretimi büyük miktarda su, enerji ve kimyasal kullanımı gerektirir. Ancak son yıllarda sektörde sürdürülebilirlik için önemli adımlar atılmaya başlanmıştır. Bu bağlamda;

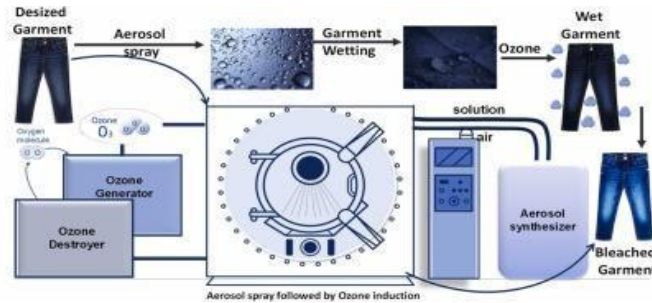
- Su tüketimini azaltma

- Kimyasal kullanımını düşürme
- Zararlı kimyasallar yerine alternatiflerini bulma
- Enerji verimliliği projeleri yürütme
- Geri dönüşüm materyaller kullanmak
- Ekotasarım uygulamaları
- Dijitalleşme

araştırma konuları arasına girmiştir.

Bu çalışmada ise denim sektöründe hali hazırda kullanılan ozon gazının farklı bir şekilde kullanımı üzerine bir araştırma yürütülmüştür. Literatür ozon gazının denim sektöründe kullanımıyla ilgili birçok örneği barındırmaktadır. “Fraj ve Jaouchai” çalışmalarında, ozon gazının hazır giysi yıkamaları esnasında kumaşın performansına olan etkisini incelemiştir ¹. “Atav ve arkadaşları” ise çalışmalarında, sulu ortamda ve kesikli olarak denim kumaşlar üzerinde ozon uygulamalarını incelemişlerdir ve ortam şartlarıyla, performans arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir ². “Sarker ve arkadaşları” ise sürdürülebilir efektlendirme metodu olarak ozon yıkamayı önermiş ve denim giysi üzerinde etkilerini araştırmıştır ³. “Islam ve arkadaşları” ise ozon ortamında lazer uygulaması ile yenilikçi ve sürdürülebilir bir efektlendirmeyi araştırmışlardır ⁴. “Nadeem ve arkadaşları” da benzer şekilde nemli denim giysinin ozonlanması sonrasında çevresel etkiler açısından bir değerlendirme yapmışlardır ⁵.

Konvansiyonel uygulamalarda ozonlama giysi formundaki denime, tamburlu yıkama makinelerinde uygulanmaktadır. Şekil 1’de bunun şematize edilmiş hali görülmektedir.



Şekil 1 Tamburlu yıkama makinesinde ozon uygulanması ⁵

Çalışma kapsamında standart bir Jiggermodifiye edilerek ozon gazı uygulanabilir hale getirilmiş ve seçilen denim kumaşlar üzerinde denenmiştir. Çalışmada bu araştırmanın sonuçları verilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Çalışma kapsamında 3 tip kumaş kullanılmıştır. Bunlara Tip 1-2-3 denilmiş olup, özellikleri aşağıda verilmiştir.

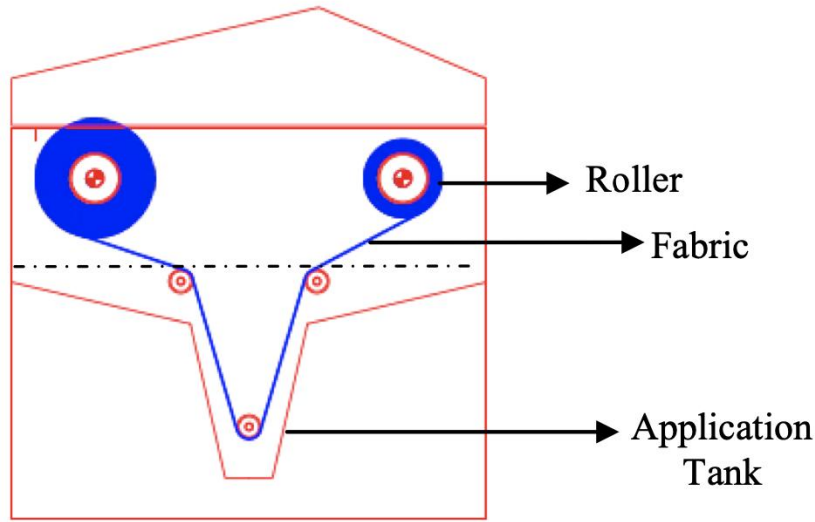
Tip 1: %80 pamuk -%20 geri dönüşüm pamuk, halat boyama, dip kükürt üzeri indigo boyama

Tip 2: %78 pamuk -%20 geri dönüşüm pamuk, %2 elastan, halat boyama, saf indigo boyama

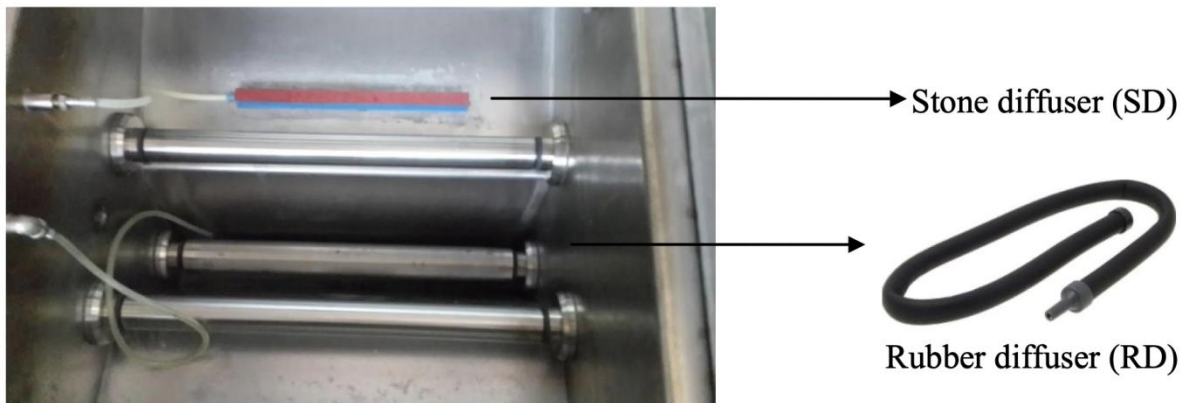
Tip 3: %78 pamuk -%20 geri dönüşüm pamuk, %2 elastan, slasher boyama, kükürt boyama

Metot

Çalışma kapsamında, Jigger makinesinde, açık en denim kumaşların ozon gazı kullanılarak soldurulması çalışılmıştır. Çalışma kapsamında modifiye edilmiş bir Jigger makinesi ve 500 gr/saat kapasite ozon jeneratörü kullanılmıştır. Jigger makinesi içerisinde suda ve havada ozon gazının kumaşa direkt olarak uygulanabileceği şekilde modifiye edilmiştir. Şekil 2’de modifiye edilen jiggerin şeması görülmektedir.



Şekil 2 Uygulama yapılan makinenin şematik görünümü⁶



Şekil 3 Ozon gazı aplike edilen difüzörler ve yerleşimleri⁶

Tablo 1’de deney planı numune kodları gösterilmiştir. Tablo 1’deki denemeler Tip 1-2-3 için ayrı ayrı tekrarlanmıştır.

Numune No	Haşıl Durumu	Pasaj Sayısı (Adet)	Kumaş Durumu	Reçete No
1	Haşıl Sökülmemiş	0	-	İşlemsiz
2	Haşıl Sökülmüş	0	-	Ön İşlemli
3	Haşıl Sökülmüş	10	Nemli	1A
4	Haşıl Sökülmüş	30	Nemli	1B
5	Haşıl Sökülmüş	50	Nemli	1C
6	Haşıl Sökülmüş	10	Kuru	2A
7	Haşıl Sökülmüş	30	Kuru	2B
8	Haşıl Sökülmüş	50	Kuru	2C
9	Haşıl Sökülmemiş	10	Nemli	3A
10	Haşıl Sökülmemiş	30	Nemli	3B
11	Haşıl Sökülmemiş	50	Nemli	3C
12	Haşıl Sökülmemiş	10	Kuru	4A
13	Haşıl Sökülmemiş	30	Kuru	4B
14	Haşıl Sökülmemiş	50	Kuru	4C

Tablo 1 Çalışmada kullanılan deneyler

Tablo 1’de de görüldüğü gibi çalışmada jigger ile uygulanan proses 3 farklı pasajda uygulanmıştır. Uygulama 10-30-50 pasaj olarak denenmiştir ve numunelere 1A-1B-1C kodları verilmiştir.

1A: 10 Pasaj // 1B: 30 Pasaj // 1C: 50 Pasaj

Bu uygulamalar kumaşa 4 formda uygulanmıştır.

Bunlar ilk olarak haşıl sökülmüş ve haşıl sökülmemiş olarak ayrılmıştır.

Daha sonra, nemli ve kuru olarak ayrılarak, toplam 4 farklı çalışma şartı oluşturulmuştur. Ozon, dört denemede de gaz formatında muamele edilmiştir. Uygulama Şekil 3’de gösterilen difüzörler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında işlemsiz (ham) ve sadece haşıl sökümü yapılmış kumaşlar da referans olarak alınmıştır.

Haşıl söküm proseslerinde 100 ml/litre haşıl enzim ve 200 ml/litre dispergatör kullanılmıştır. Bu ön işlemler Tolkar marka Smartex T150 tipi tamburlu yıkama makinalarında uygulanmıştır. Nemli olarak kodlanan uygulamalar için, haşıl söküm sonrası 600 devir/dksantrifüj sıkımda sıkılarak nemli halde bırakılmıştır. Kuru uygulamalar için ise giysiler tamamen kurutularak ozon işlemine alınmıştır.

Tüm uygulamalarda kumaşlar jigger silindirlerinden geçirilerek 3 farklı pasaj işlemine tabi tutulmuştur. Numuneler, 1 pasaj 30 saniyede tamamlanacak şekilde oda sıcaklığında 500 gr/saat kapasiteli ozon jenaratörü ile jiggerde ozonlanmıştır. Daha sonra ozonla ağartma-soldurma prosesleri sonrasında elde edilen kumaşlar klasik yıkama işlemlerindeki gibi su ile durulama işlemi uygulanarak ağartma prosesi tamamlanmıştır.

İşlem gören numunelerin ön ve arka yüzlerinin CIELab değerleri ölçülmüştür. Arka yüzün CIELab değeri özellikle geri boyama performansının tespiti için gerçekleştirilmiştir.

Denemelerin TS EN ISO 105-X12:2016 standardına göre sürtünmeye karşı renk haslığı performansları ölçülmüştür. Fiziksel olarak ise ASTM-D1424 standardına göre de yırtılma mukavemeti değerleri ölçülmüştür. Elastikiyet değerleri için TS EN ISO 20932-1 standardı ve potuk için ASTM D3107 standardına göre ölçüm yapılmıştır. Kumaşın sertliği hakkında bilgi almak için ise ASTM D4032 standardında Stiffness testi yapılmıştır. Ayrıca denemelerin renk değerlerini öğrenmek adına spektrofotometrede CIELab değerleri incelenmiştir.

SONUÇ

Görsel ve Renk Değerlendirmesi

Şekil 4-5-6'da işlem gören kumaşların ön yüzlerinin fotoğrafları, Tablo 2'de ise renk değerleri görülmektedir. Bu değerlendirme efekt verimi açısından önemlidir.

Efektlendirme sonuçları incelendiğinde, kumaşın renginin, dolayısıyla boyamada kullanılan boyarmaddenin jiggerde ozonla ağartma veriminde etkili olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4-5-6 incelendiğinde Tip 1 ve Tip 2 üzerinde ozon uygulamasının daha etkili olduğu belirlenmiştir. Tip 3'de ise uygulama etkinliği daha düşüktür. %100 kükürt boyalı tipte etkili olmamasının nedeni, kükürt boyarmadde olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4 Tip 1 için ön yüz fotoğraflar



Şekil 5 Tip 2 için ön yüz fotoğraflar



Şekil 6 Tip 3 için ön yüz fotoğraflar

Numune No	Tip 1			Tip 2			Tip 3		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	27,0 1	0,23	-7,65	26,6 6	0,44	-7,07	13,4 5	1,1 1	- 0,22
2	23,5 2	0,89	-11,46	19,5 1	0,80	-11,12	12,9 7	1,1 7	- 0,22
3	26,3 1	0,22	-13,47	22,0 1	0,81	-11,70	13,4 1	0,8 1	- 0,81

4	29,3 5	- 0,33	-14,36	25,4 3	0,31	-12,44	14,4 0	0,5 5	- 1,16
5	43,9 9	- 3,47	-16,05	33,3 8	- 0,72	-12,73	15,4 0	0,5 2	- 1,07
6	20,9 4	0,85	-13,02	18,6 0	1,30	-12,73	12,5 7	1,0 8	- 0,45
7	21,3 1	1,13	-12,01	19,2 2	1,14	-13,08	12,8 7	1,0 5	- 0,50
8	22,5 1	0,75	-12,24	18,5 8	1,24	-12,72	12,7 8	1,0 3	- 0,55
9	25,8 0	0,39	-10,56	21,5 1	1,09	-11,14	12,1 7	1,1 1	- 0,20
10	24,8 9	0,39	-12,34	22,3 0	0,91	-11,36	12,4 4	1,0 5	- 0,31
11	24,9 7	0,12	-13,02	22,0 3	0,71	-12,43	12,3 6	1,1 1	- 0,32
12	23,6 5	0,58	-9,75	20,8 3	1,10	-10,74	12,2 7	1,1 1	- 0,13
13	24,4 0	0,47	-9,27	20,3 2	1,23	-10,38	12,3 0	1,1 3	- 0,05
14	21,8 6	0,73	-11,54	24,0 0	0,77	-7,99	12,0 7	1,1 5	- 0,09

Tablo 2. Kumaş ön yüzlerinin renk değerleri

Tablo 2 incelendiğinde, indigo boyalı tiplerde (Tip 1 ve Tip 2) renk açılması L* değeri incelendiğinde daha belirgin olarak tespit edilmiştir. Elastan içermeyen, %100 pamuklu numunede renk açılması daha yüksek çıkmış, ozon ile işlem sonrası haslık değerlerinde belirgin bir iyileşme tespit edilmiştir. En verimli renk açılması (soldurma) Tip 1’de ve hasıl sökülmiş numunelerde ölçülmüştür.

Tablo 3’de ise arka yüzün renk değerleri görülmektedir. Bu değerlendirme geri boyama durumunun yorumlanması açısından önemlidir.

Numune No	Tip 1			Tip 2			Tip 3		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	58,4 7	- 0,87	3,74	53,8 1	-2,13	0,93	58,9 3	-1,86	-3,14
2	16,7 5	0,37	-2,07	16,7 2	0,42	-2,17	16,5 8	0,39	-2,03
3	58,7 9	- 0,96	-1,32	60,8 7	-1,74	-3,75	24,1 7	0,23	-2,74
4	59,0 6	- 0,64	-0,72	60,9 7	-1,44	-0,30	24,6 8	0,27	-2,83
5	67,4 5	- 2,34	-6,01	62,1 0	-1,03	-1,06	25,8 7	0,28	-2,56
6	55,0 7	- 0,97	-1,06	57,1 5	-1,35	-0,55	15,9 1	0,79	-1,49
7	55,1 4	- 1,21	-0,76	58,9 4	-1,02	0,58	15,4 8	0,78	-1,36
8	54,5 5	- 1,05	-1,09	60,2 5	-0,87	1,15	15,6 8	0,79	-1,48

9	57,0 6	- 1,08	-0,01	60,7 0	-1,04	1,75	14,4 7	1,02	-0,91
10	56,6 0	- 0,86	0,05	62,1 5	-0,68	2,81	14,5 1	1,05	-0,80
11	58,6 4	- 1,07	0,28	61,6 7	-0,85	2,17	15,11	0,39	-0,39
12	54,2 1	- 1,15	-0,10	58,2 4	-1,65	0,96	14,1 7	0,99	-0,90
13	55,2 9	- 1,11	0,40	59,3 4	-1,29	2,33	14,2 9	1,05	-0,85
14	55,4 7	- 1,40	-1,06	56,6 3	-1,89	0,99	14,1 2	1,07	-0,80

Tablo 3 Kumaş arka yüzlerinin renk değerleri

Numunelerin arka yüzlerinin CIELab değerleri incelendiğinde, 3 tip içinde arka yüzün a* değerinin, ozon sonrası düştüğü yani mavi nüansa kaydığı belirlenmiştir. Bu veri, ozon ile prosesin geri boyamayı azaltıcı yönde etki gösterdiğini işaret etmektedir.

Ozon uygulamaları, kumaşların elastikiyet ve potluk değerleri üzerinde olumlu veya olumsuz bir etki yaratmamıştır. Tip 1'in elastikiyet değeri %40-46, potluk değeri ise %6-8 arasında değişmiştir. Tip 2'in elastikiyet değeri %36-40, potluk değeri ise %6-8 arasında değişmiştir. Tip 3'de yapıda elastan elyaf olmadığı için bu değerlerin ölçülmesi anlamlı bulunmamıştır.

Kuru sürtünme haslığı değerinden önemli değişiklik olmazken, yaş sürtünme haslık değeri 1/2'den, genellikle 2/3 değerine yükselmiştir. Nemli uygulamalarda, 50 pasaj sayısında 3/4 değerleri de ölçülmüştür.

Tablo 4'de numunelerin yırtılma mukavemeti değerleri gösterilmiştir. Tablo 4 incelendiğinde bu yeni uygulamalarının mukavemet değeri üzerinde önemli bir etki yaratmadığı tespit edilmiştir.

Numune No	Tip 1		Tip 2		Tip 3	
	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	Atkı
1	6151	4069	5972	5136	5867	4748
2	6010	3910	5988	5383	5883	3262
3	6072	3920	5874	5161	5919	4923
4	5908	4269	6009	5217	5882	5363
5	6457	4064	6314	5312	5888	4725
6	5885	3980	5814	4720	5870	4450
7	5930	4030	5860	4418	5866	4230

8	5886	4184	5814	460 0	5860	434 0
9	5870	3450	5816	401 4	5846	467 0
10	5140	3531	5865	404 9	5860	420 0
11	5507	3750	5846	445 0	5880	466 0
12	5176	3940	5586	400 0	5870	475 0
13	6274	3561	5862	412 7	5880	477 2
14	6076	3440	5870	481 8	5885	486 4

Tablo 4 Yırtılma mukavemeti değerleri

Sonuçlar genel olarak incelendiğinde, kumaş konfeksiyonda henüz serilmemişken, fabrikaya kabul aşamasında veya henüz boyahaneden çıkmadan uygulanacak bir ozonlama işlemi ile parça ağartma uygulanmadan ağartılabileceği, bunun ozon gazıyla gerçekleştirilebileceği ve sonucunda daha az su-kimyasal tüketerek, daha verimli bir prosesin geliştirilebileceği ispatlanmıştır. Bu yeni proses kesikli kimyasal uygulamalarının yerine alternatif olabilecek cinstendir.

Ancak proses veriminin, kumaş, renk ve ozonlama tipine göre değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir.

Kumaş formundayken etkilendirme/soldurma yapmak ve sonrasında konfeksiyon ve diğer yıkama proseslerini uygulamak yenilikçi bir yaklaşımdır.

4.KAYNAKLAR

1. Ben Fraj, Abir, and Boubaker Jaouachi. "Effects of ozone treatment on denim garment properties." *ColorationTechnology* 137.6: 678-688, (2021).
2. Atav, Rıza, et al. "Eco-Friendly Ozone Processfor Denim Garments as an Alternative to Conventional Bleaching." *Fibersand Polymers*, 1-7, (2024).
3. Sarker, Utsash Kumar, et al. "Superiority of sustainable ozone wash over conventional denim washing technique." *International Journal of Current Engineering and Technology* 11.5 516-522, (2021).
4. Nahid-Ull-Islam, Md, et al. "Sustainable Approaches of Ozone Washand Laser Fading Over Conventional Denim Wash." *Tekstilec* 1-15, (2024).
5. Nadeem, Nimra, et al. "Optimization of closed loop wet ozone process for controlled bleaching of Indigo coloured apparels through central composite design." *Process Safety and Environmental Protection* 187. 749-761, (2024)
6. Paksoy, Navruz, Onur Balcı, and Burcu Sancar Beşen. "A research of applicability of ozone bleaching process for the 100% cotton fabrics at jigger machine." *Textile and Apparel* 30.3: 173-183, (2020)

Excimer Teknolojisi İle Uygulanan Mükemmel Çizilme Direncine Sahip Full Mat SPC Parke Verniği

Seda Zigen, DYO Boya Fabrikaları

seda.zigen@dyo.com.tr

ÖZET

SPC(Stone Plastic Composite) kompozit teknolojisi ile üretilen yeni nesil sudan etkilenmeyen parkeler, çizilmelere, sıvı dökülmelerine ve güneşin zararlarına karşı koruma sağlayan özel katmanlar da dahil olmak üzere toplam 5 mm kalınlığında beş adet katmandan oluşur. SPC zemin kaplama geleneksel ahşap veya laminattan daha esnek ve sağlam olmasıyla bilinir. Klasik parkeden ayıran özellikleri; suya, basınca ve UV gün ışığına dayanıklıdır. Ev içi kullanımının yanı sıra ticari alanlarda(hastane, okul, ofis, otel, vb.)da kullanımı yoğun olan parkelerin çizilmelere, aşınmalara ve kimyasallara karşı direncinin yüksek olması gerekmektedir. Ayrıca, güneş ışınlarına da maruz kalma durumlarına karşı UV direncinin yüksek olması beklenir. Bu özellikleri en iyi sağlayacak sistemler UV sistemlerdir. UV sistemlerin yüksek bant hızında ve düşük gramajlarda yüksek performans vermeleri sebebiyle piyasada SPC parke üreticileri silindirik makineleri ile uygulanan %100 katılı UV ürünleri tercih etmektedir.

Bu çalışmada, yüksek çizilme ve kimyasal direnç için yüksek fonksiyonlu oligomer ve monomerler seçilmiş olup, foto başlatıcı tipleri belirlenerek, belirli özelliklerdeki matlaştırıcı ve katkı malzemeleri ile ürün çalışılmıştır. UV vernik, roller makinası ile uygun gramajlarda ve bant hızında SPC parke üzerine uygulanır. İnert ortam sağlandıktan sonra yüzey kürlenmesi için 172 nm Excimer lambasından geçirilir. Dip kürlenmeyi sağlamak amacıyla Hg lambadan geçirildikten sonra SPC parke istiflemeye hazırdır.

Anahtar kelimeler: Excimer, UV, SPC parke, vernik

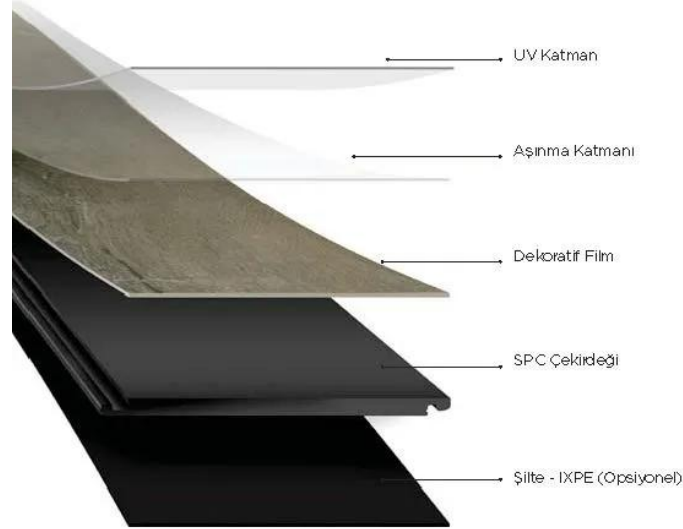
GİRİŞ

SPC gibi yer döşemelerinde düşük parlaklık(kör mat derecesinde) nihai kullanıcı tarafından tercih edilmektedir. Bu da glossmetre ile 60°de ölçüm alındığında 2-5 gloss aralığında parlaklık değerlerine karşılık gelir.%100 katılı UV sistemler, solvent içermediğinden ve proses olarak UV ışık altında saniyeler içerisinde kürlenme gerçekleştiğinden dolayı kürlenme esnasında filmde büzüşme çok az oranda(%5-10) gerçekleşir. Bu yüzden %100 katılı UV sistemlerde istenilen matlığı sağlamak oldukça güçtür. Konvansiyonel UV kürlenmeli sistemlerle ürün uygulamaları yapılarak kör mat parlaklık derecesine ulaşılsa da fazla miktarda matlaştırıcı yüklemesi yapıldığından dolayı hat uygulamalarında viskozite artışı kaynaklı jelleşme problemleri görülmektedir. Uygulama sonucunda parkelerin mar direnci gibi mekanik özellikleri, kimyasal direnci ve haptik özellikleri beklenen seviyenin altında kalmaktadır. Excimer uygulama teknolojisi bu sorunların üstesinden gelmektedir. Bu teknoloji ile kürlenilen ürünlerde daha yüksek aşınma ve çizilme direnci, daha yüksek kimyasal ve leke direnci sağlanmaktadır. İlave olarak,anti-fingerprint özellikli, soft touch tuşesine sahip yüzeyler elde edilmektedir.

SPC PARKE SEKTÖRÜ

SPC (Stone Plastic Composite) kompozit teknolojisi ile üretilen yeni nesil sudan etkilenmeyen parkeler, çizilmelere, sıvı dökülmelerine ve güneşin zararlarına karşı koruma sağlayan özel

katmanlar da dahil olmak üzere toplam 5 mm kalınlığında beş adet katmandan oluşur. Suya, basınca, kimyasallara, aşınmaya ve UV ışığına dayanıklıdır. Ev, okul, otel, hastane, kafe-restoran, havaalanları, kamu binaları, mağazalar, tiyatro-sinema salonları vb. olmak üzere birçok alanda kullanılabilir.



SPC Parkede istenilen ürün nihai özellikleri aşağıdaki gibidir:

- ✓ Yüksek kaydırmazlık(anti-slip)
- ✓ Mükemmel yapışma
- ✓ Mükemmel çizilme ve kimyasal direnci
- ✓ Soft touch hissi
- ✓ Leke direnci
- ✓ Mükemmel aşınma direnci

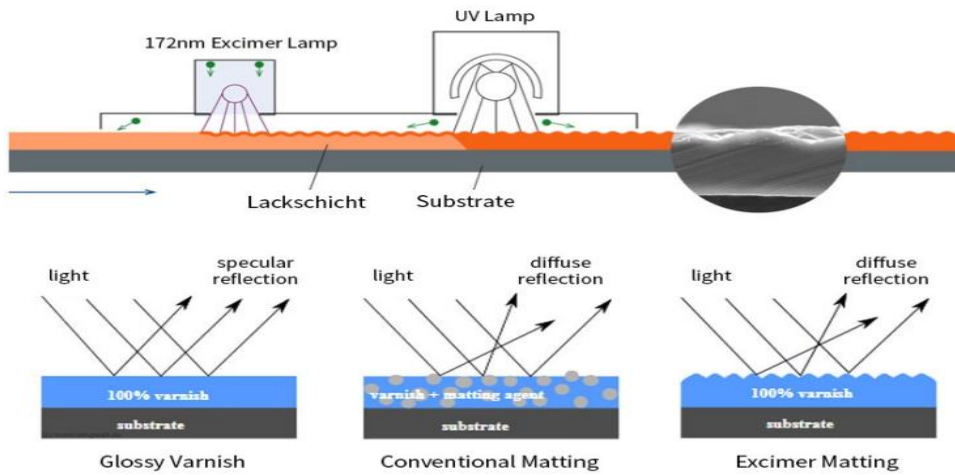
UV sistemlerin yüksek bant hızında ve düşük gramajlarda yüksek performans vermeleri sebebiyle piyasada SPC parke üreticileri silindir makinaları ile uygulanan %100 katılı UV ürünleri tercih etmektedir. Yüksek çizilme ve kimyasal direnç için yüksek fonksiyonlu oligomer ve monomerler seçilerek uygun foto başlatıcılar ile ürün çalışmaları yapılır. Parlaklığı ayarlamak için matlaştırıcılar kullanılır. Ayrıca, anti-slip ve soft touch özellikleri için uygun katkı malzemeleri seçilir.

%100 katılı UV sistemler, solvent içermediğinden ve proses olarak UV ışık altında saniyeler içerisinde kurlenme gerçekleştiğinden dolayı kurlenme esnasında filmde büzüşme çok az oranda(%5-10) gerçekleşir. Bu yüzden %100 katılı UV sistemlerde istenilen matlığı sağlamak oldukça güçtür. Düşük parlaklık elde etmek için yüksek oranda matlaştırıcı ve monomer kullanılmalıdır. Excimer teknolojisiyle bu sorun ortadan kalkar. Excimer lamba ile mobilya ve parke üreticileri 5 gloss(60°) altında yüzey elde edebilirler.

EXCIMER TEKNOLOJİSİ

Excimer lambaları, ultraviyole (UV) ve vakum ultraviyole (VUV) spektral bölgelerinde geniş bir dalga boyu aralığında çalışan yarı monokromatik ışık kaynaklarıdır. Excimer lambalarının

çalışması birçok kaplama ve dezenfeksiyon uygulamasında kullanılır. Bir excimer lambası, uyarılmış dimerlerin (excimerler) oluşumuna dayanır ve bu dimerler uyarılmış durumdan temel duruma kendiliğinden geçiş yaparak UV fotonlarının emisyonuna neden olur. Saf soy gaz (Ar, Kr, Xe) veya soy gaz/halojen karışımları (XeF, KrCl – bazen Exciplex lambası olarak adlandırılır) ile doldurulmuş lambalar, yüksek voltaj (2 – 10 kV) ile uyarılır ve UV veya VUV (vakum UV) dalga boyu bölgesinde neredeyse monokromatik radyasyon yayar. En yaygın kullanılan soy gaz Xe^{2*}'dir, çünkü karakteristik 172 nm radyasyonu, %67'ye kadar lamba verimliliğiyle yüzey matlaştırma/temizleme/aktivasyon için idealdir. Lamba çıkış enerjisi, organik bileşiklerin bağlarını kırmak için yeterince yüksektir. 172 nm'lik excimerin enerji potansiyeli 7,23 eV'dir (~167 kcal/mol), bu da birçok organik molekül için bağlanma enerjilerinden daha yüksektir.



Excimer Teknolojisinin Kullanım Alanları

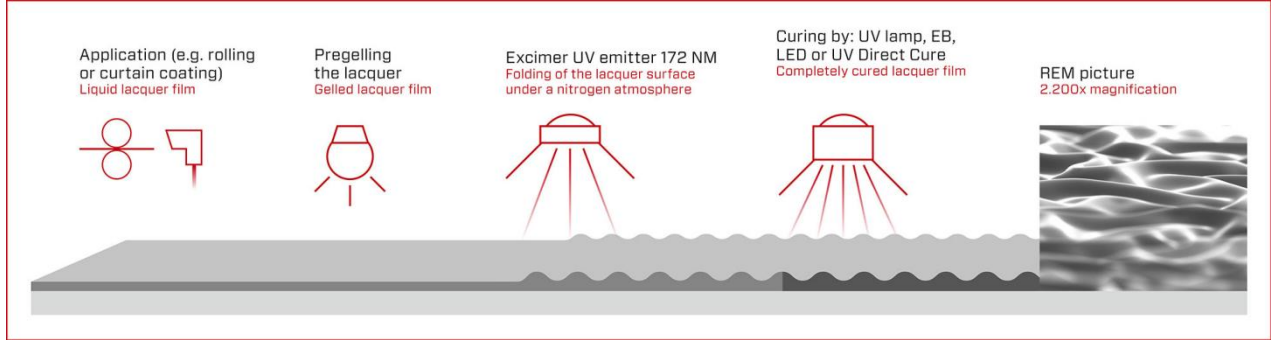
- Su Arıtma
- Hava dezenfeksiyonu
- Proses atık su arıtımı
- Baskı ve paketleme sektörü
- Kaplama sektörü
- Elektronik
- Otomotiv sektörü
- Yapıştırıcılar
- Yer döşemeleri
- Panel sektörü

EXCIMER TEKNOLOJİSİNİN SPC PARKE SEKTÖRÜNDE KULLANIMI

Çok düşük parlaklıklara olan ilginin artması (≤ 5 gloss/60°), %100 katılı UV boya/vernük sistemleri, uygulama esnasında düşük hacim büzüşmesi nedeniyle kolay matlaşmaması, yüksek performans beklentileri, silika tipli matlaştırıcıların sistemde fazla olması sebebiyle hat stabilitesinin olmaması gibi sebepler SPC parke sektöründe excimer teknolojisinin önünü açmıştır. Bu teknoloji ile uygulanan üründe aşağıdaki özellikler elde edilmiştir:

- Düşük matlaştırıcı ve monomer tüketiminden dolayı ürünün reolojisinde iyileşme
- Mükemmel hat stabilitesi, silindir makinasında kalınlaşma görülmemesi

- Yüksek çizilme ve kimyasal direnç
- Soft touch ve anti-fingerprint özellik
- Kürlenmiş yüzeylerde parlama olmaması



UV Vernik uygulama → Pre-gel(Ga/LED) → Excimer lamba → Son kürlenme(Hg/LED)

Excimer lamba ile buruşuk yüzey olarak tarif ettiğimiz literatürde geçen “wrinkled” ya da “micro-folded” olarak tanımlanan bir yüzey elde edilir. Bu yüzey ışık kırılmasına sebep olarak kör mat parlaklığında bir görünüm verir. Ancak, yüzeyin tam kuruması için daha derin katmanların UV ışık ile kürlenmesi gerekir, final olarak Hg ya da LED lamba ile final kürlenme sağlanır.

SONUÇ

Bu çalışmada SPC parke sektörüne özel, excimer lamba teknolojisi ile kürlenen ve performans özellikleri gelişmiş ürün tasarımı yapılmıştır. Bu ürünle birlikte excimer teknolojisi alanında çalışma fırsatı bulunmuştur. Excimer lamba ile kürlenme sonucu parlaklığı kör mat seviyesinde, çok iyi derecede çizilme ve aşınma direnci, kimyasal direnci, mar direnci, parmak izini önleyen ve soft touch özellikli ürün tasarlanmıştır. Konvansiyonel UV ile uygulanan ürüne göre yaklaşık %75 oranında matlaştırıcı azaltılmıştır. Düşük matlaştırıcı kullanımı sonucunda, UV ürünün reolojisinde iyileşme elde edilmiştir, uygulama hattında kalınlaşma/jelleşme problemleri yaşanmamıştır. Uygulama hattında ekstra kimyasal(monomer) kullanımına gerek kalmamıştır. Daha homojen yüzeyler elde edilmiştir ve haptik özellikleri iyileştirilmiştir. Ayrıca, ürün formülasyonunda değişiklik yapılmadan kürlenme parametrelerinde değişiklikler yapılarak haptik özelliklerde farklılık sağlanabilmektedir.

KAYNAKÇA

1. UV curing and matting of acrylate nanocomposite coatings by 172 nm excimer irradiation; Frank Bauer,Ulrich Decker,Konstanze Czihal,Reiner Mehnert,Carsten Riedel,Marion Riemschneider,Rolf Schubert,Michael R. Buchm
2. A novel self-wrinkled polyurethane-acrylate wood coating with self-matting, anti-fingerprint performance and skin-tactile feeling via excimer lamp/UV curing ; Yingchun Suna, Jianfeng Xua, Ling Longa, Jingya Gongga, Minggui Chenb and Ru Liu
3. Study of UV Curing in the Wood Industry ; Haider Osama Al-Mahdi
4. Excimer Lamps And Based On Them A New Family Of Ultraviolet Radiation Sources; Edward A. Sosnin
5. Mattifying Surfaces with Excimer UV Curing ; <https://www.gewuv.com/mattifying-surfaces-with-excimer-uv-curing/>

6. UV+EB Technology , Formulation Insights for Excimer Lamp Curing to Achieve Well-Balanced Film Properties , Dr. Volker Petry, RadLab AG, Michael Gould, RAHN USA
7. LAB Report Formulation Insights for Excimer Lamp Applications, RAHN
8. BASF, Spot on deep matt surfaces Excimer Technology – an individual design attribute
9. ALLNEX Excimer Cure Presentation
10. <https://www.jkuv.org/excimer-uv.html>
11. <https://www.ushio.eu/landingpage/excimer-explained/>
12. <https://www.ist-uv.com/en/technology/excimer>
13. <https://www.anilzemin.com/spc-zemin-kaplama/>
14. <https://www.adofloor.com/tr/urunler-spc.php>

Üniversite Sanayi İşbirliğinde Başarı Örneği: Örgü İşlemlerindeki Tüm Girdi Değişkenlerine Duyarlı Bir Akıllı Üretim Yürütme Sisteminin Geliştirilmesi

*Tuğçe UYSAL, Sun Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş.,
Bekir BOYACI, Sun Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş.,
Kökten Ulaş BİRANT, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar
Mühendisliği Bölümü, Bilgisayar Yazılımı Anabilim Dalı,
Serdin ÇELİK, Ekoten Tekstil San. ve Tic. A.Ş.,
Gamze TUNA, Sun Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş.,*

tugce.uyisal@suntekstil.com.tr, bekir.boyaci@suntekstil.com.tr, ulas.birant@deu.edu.tr,
serdin.celik@suntekstil.com.tr, gamze.tuna@suntekstil.com.tr

ÖZET

Bu çalışmada örgü işletmesindeki tüm girdi değişkenlerinin analiz edilip toplanabildiği, süreçlerin gerçek zamanlı takip edilebildiği, mevcut diğer kurumsal kaynak sistemleriyle haberleşebilen akıllı bir üretim yürütme sistemi (MES-Manufacturing Execution System) geliştirilmiştir. Bu sistemin entegrasyonunun gerçekleştirilmesi ile örgü işletmesinde manuel yürütülen işlemler otomatize edilerek insan faktörünün getirdiği hatalar ve verimlilik kayıplarının azaltılması hedeflenmiştir.

Sistem içinde kullanılan tüm donanım ve yazılımların haberleşerek firma içinde yeni bir akıllı üretim sahasının oluşturulması ile dijital dönüşüm yol haritasında büyük bir adım atılması amaçlanmıştır. Çalışma süresince yürütülen tüm adımlar Sun Tekstil Ar-Ge Merkezi koordinatörlüğünde gerçekleştirilmiş, Ekoten Tekstil'in tecrübeli ve multidisipliner mühendis kadrosu ve Dokuz Eylül Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü ile yapılan üniversite-sanayi işbirliği kapsamında Ar-Ge çalışmaları yürütülmüştür.

Çalışma kapsamında işletme içinde verimlilik, üretimde esneklik ve sistem optimizasyonu sağlamak amacıyla örnek bir üretim yürütme sistemi geliştirilmiştir. Örgü işletmesinin detaylı iş analizi yapılarak, tüm süreçleri ayrıntısıyla çıkarılmıştır. Analiz edilen süreçlerin yeniden tasarım aşamasında tüm girdi değişkenleri nesne yönelimli mimariye uygun bir şekilde tasarlanmıştır.

Endüstri 4.0 yaklaşımı ve metodolojileri göz önünde bulundurularak Otomasyon ve Makine Haberleşme Sistemi, Çizelgeleme ve Planlama Sistemi, Akıllı Bileklik Takip Sistemi, Raporlama Sistemleri, Andon Dashboard sistemleri, Akıllı Örgü Reçete Sistemi, Önleyici Bakım Sistemi, Kural Motoru Sistemi, Real Time İzleme Sistemleri, Kural Bazlı e-posta ve SMS Bildirim Sistemi, Stok Takibi ve Optimizasyon Sistemi, Kural Bazlı Süreç Yönetim Sistemi, İstatistiksel Analizler ve Raporlar sistemlerini içeren akıllı bir MES geliştirilip örgü işletmesinde devreye alınmıştır.

Anahtar kelimeler: üretim yürütme sistemi, IoT, akıllı üretim, üretimde verimlilik, gerçek zamanlı takip, gözetimli öğrenme

1.GİRİŞ

Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IoT) segmenti, özellikle akıllı üretim ve akıllı fabrikalar konusunda önemli katkılar sağlamaktadır. Üretim sektörünün IoT teknolojilerini benimsemesi, otomasyon, analitik ve bağlantıdaki gelişmelerle birlikte pazarın önemli ölçüde büyümesi beklenmektedir. Global istatistiklere göre, 2023 yılında IoT pazar büyüklüğünün 595.73 milyar dolara çıkmış olup, 2032 yılına kadar bu pazarın %24,3 yıllık bileşik büyüme oranı (CAGR) ile 4,062.34 milyar dolara genişlemesi beklenmektedir¹.

Nesnelerin interneti konusundaki çalışmaların ve yatırımların artan bir ivme ile büyümesine rağmen, tekstil sektörü bu konuda henüz güncel teknolojileri yakalayamamıştır. Birçok üretici hala geleneksel yöntemlerle süreçlerine devam etmektedir ve Endüstri 4.0'a geçiş için net bir vizyon ve strateji oluşturamamış durumdadır². Birçoğu ise kurumsal kaynak programı (ERP) haricinde dijital dönüşüme yönelik herhangi bir yatırım yapmamaktadır³.2022 yılında yapılan bir çalışmada ISO 500 listesine girmeyi başarmış 20 tekstil ve hazır giyim işletmesi incelenmiş ve endüstri 4.0 teknolojilerinin bazılarını transfer ettiği, en yaygın teknoloji transferinin büyük veri teknolojisi olduğu gözlemlenmiştir⁴.

Yurt içinde, özellikle örme kumaş işletmelerinde, 3. Sanayi devriminin ana elemanı olan Programlanabilir Mantıksal Denetleyici (PLC) kullanımı ile veri toplama sistemi devam etmektedir. Bu sistem veri toplamanın ötesine gidememekle birlikte yazılımla entegre çalışma zorluğu da getirmektedir. PLC ile veri toplanan sistemlerde her sinyal için ayrı bir sistem ya da aparat eklenmesi gerekmektedir. Ayrıca bu sistemde makine duruşlarının takip edilmesi için ışıklı alarm sistemler kullanılmaktadır. Ancak, operatörlerin bu alarmları görüp duymaları işletme şartlarında pek mümkün olmamakta ve bu durum verim kayıplarına yol açmaktadır. Dolayısıyla endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımı önem kazanmaktadır. Bu teknolojilerden biri olan MES uzun süredir birçok farklı sektörde kullanılmaktadır⁵.

MES, ham maddeden bitmiş ürüne kadar, üretimdeki tüm hareketi bilişim araçları yardımıyla takip etme araçlarıdır. MES, üretim sürecinin birden çok ögesinin (örneğin girdiler, personel, makineler, ürün verileri ve destek hizmetleri) kontrolünü sağlamak için gerçek zamanlı olarak çalışmaktadır. Kurumsal Kaynak Yazılımı (ERP) ile entegre edilerek üretim ve yönetimi haberleştirmektedir^{6,7,8}.

Ülkemizde MES konusunda birçok deneyimli bilişim firması olmasına rağmen örgü işletmelerine uygun sistem sunan firma sayısı çok azdır. Tekstil sektörünün dijital dönüşümünde önemli bir problem olan bu durum birçok girişim ve teknoloji firması tarafından çözülmeye çalışılmakta fakat uçtan uca yazılım ve donanım hizmeti veren bir ürün bulunmamaktadır. Bu noktada üniversite-sanayi işbirlikleri önem kazanmakta olup farklı disiplinlerin bir araya gelmesiyle teknolojinin geliştirilmesi ve transferi sonucunda endüstriyel uygulamaya dönme şansı artmaktadır. Bu kapsamda Sun Tekstil ve bağlı ortaklığı Ekoten Tekstil olarak mevcut soruna çözüm bulmak amacıyla Dokuz Eylül Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği bölümü işbirliği ile bir çalışma başlatılmıştır. İlgili çalışma TÜBİTAK TEYDEB 1501 programı kapsamında desteklenmiş olup başarı ile tamamlanmıştır.

YÖNTEM

Çalışma 6 ana adımda yürütülmüş olup tüm süreçler üniversite-sanayi işbirliği kapsamında ilerletilmiştir.

1. Örgüde Uygulanan Süreçlerin Analizi

Çalışmaya örgü işletmesinde uygulanan mevcut süreçlerin analizi yapılarak bu süreçlerin dokümanite edilmesi ve süreç haritaları üzerinden yeni süreçlerin çıkarılması adımıyla başlanmıştır. Bu kapsamda süreçlerin analizi ve optimizasyonu, süreç paydaşlarıyla çalışmanın analiz ekibinin birlikte çalışması sonucunda gerçekleştirilmiştir. Süreç analizi ile işletme içerisinde olan ve görülmeyen gizli süreçler ortaya çıkarılmıştır. Hiçbir şekilde sisteme ya da işletmeye katkısı olmayan tüm süreçler kaldırılmıştır. Enterprise Architect görsel modelleme ve tasarım aracı yardımı ile mevcut süreçler modellenmiştir. İşletme paydaşlarıyla toplantılar düzenlenerek sahadan gelen gerçek bilgiler ile Kullanıcı Hikayesi (User Story) belgeleri hazırlanmıştır. Bu şekilde süreç şeması ve saha arasındaki uyumsuzluk farklarının minimum düzeye indirilmesi amaçlanmıştır. Mevcut büyük süreçler alt süreçlere bölünmüş ve her alt süreç çizilerek analiz detaylandırılmıştır. Belirlenen süreçler değerlendirilerek süreç içerisindeki dijitalleşmeye uygun noktalar tespit edilmiştir. Süreç analizinin bir diğer katkısı ise karmaşık süreç ilişkilerinin düzenlenerek en verimli süreç haritalarının ve ilişkilerinin çıkarılmasıdır. Bu şekilde gereksiz iş yükleri ve süreç modelleri revize edilerek maksimum verimlilikte en iyi iş yükü belirlenmiş ve sürece dağıtılmıştır. Çoklu karar içeren süreçlerde alternatif süreçler çizilmiş ve işletme paydaşlarıyla ortak şemalar oluşturulmuştur. Süreçlerin belirlenmesi aşamasındaki tüm analizler kayıt altına alınmış, süreçlerin evrimsel döngüleri takip edilmiştir.

2. Pilot Örgü Otomasyonu Kurulumu

Örgü makine parkuru analizi yapılarak işletme bünyesindeki 180 makinelik parkurdan bir pilot çalışma grubu seçilmiştir. Makine parkurunda ağırlıklı mevcut olan 3 farklı marka ve 4 farklı makine tipi ile grup oluşturulmuştur.

Örgü makinelerinden çalışma zamanları, duruş süreleri ve sebepleri, makine hızı ve tur sayısı verileri toplanmıştır. tüm makine parkuruna ait yerleşim çizimleri çıkarılarak 4 tip makine için bluetooth haberleşme cihazının (WDL) konumu belirlenmiştir. Bu konumu belirlerken bir bluetooth haberleşme cihazının kapsadığı alanın yarıçapının en fazla 25 metre olması esas alınmıştır. Ekranlar ve haberleşme cihazı arasındaki sinyal gücünün -255 ila -190 dBm arasında olmasına dikkat edilmiştir.

Pilot otomasyon kurulumu işlemleri tamamlandıktan sonra 4 makinenin her birinde duruş verilerinin doğruluğu ilgili duruşlar simüle edilerek teste tabi tutulmuştur. Duruş verileri dışında makine hızı, tur sayısı ve sinyal gücü verileri ekranlar üzerinden okunarak doğruluğu kontrol edilmiştir. Belirlenen duruş verilerinin sistemde toplanması sonucunda verimlilik hesabı yapılmıştır. Verimliliğin sürekli izlenebilmesi için pilot alana ekranlar kurulmuş ve Visual Studio aracıyla C# dilinde yazılan bir dashboard oluşturulmuştur.

3. Pilot Planlama Sistemi Kurulumu ve Entegrasyonu

Örgü işletmesinde mevcutta iş emri kağıtlarının sıralanarak operatörler tarafından takip edilen manuel süreç ve fiziki planlama panosu dijitalleştirilmiştir. Otomasyon sürecinin bir parçası olan planlama panosu için pilot bir dijital pano oluşturulmuştur.

Pilot planlama panosunun tüm sistem ile haberleşmesi hedeflenmesi nedeniyle mevcut ERP programına entegrasyonu sağlanmıştır. Yapılan bu entegrasyonla birlikte mevcut ERP sistemine

gelen siparişler oluşturulan pilot planlama programına düşerek sistem üzerinde planlanabilmektedir. Bu programla iş emirlerinin bir Gantt şeması üzerinde planlanması sağlanmıştır. Gantt modülü üzerinde planlanan işler, operatörlere kurulacak olan makinelere bağlanarak ekranlarına gönderilmektedir.

4. Üretim Yürütme Sistemi Yazılım Mimarisi Tasarımı

Çalışma kapsamında geliştirilmesi amaçlanan üretim yürütme sistemi yazılım mimarisinin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Birleşik Modelleme Dili (UML) ile modelleme yapılarak yazılımın mimarisi tasarlanmıştır.

Geliştirilen üretim yürütme sistemi, ERP ve otomasyon sistemlerinin haberleşmesini sağlarken bu sistemlerin karşılayamadığı gereksinimlere cevap verir niteliktedir. Sistemin gereksinimlerini belirlemek ve tüm dijital sistemin tasarımı için öncelikle gereksinim analizi yapılmış, kullanım senaryoları (use cases) belirlenmiştir. Kullanıcı hikayesi (user story) belgeleri incelenerek temel gereksinimler çıkarılmıştır. Bu gereksinimlerin fonksiyonel özellikleri belirlenerek tüm sisteme ait kullanım senaryoları tanımlanmıştır. Kullanım senaryolarına ait diyagramlar ve detaylı senaryo dokümanı hazırlanarak temel sistemin gerçekleştirilmesi gereken fonksiyonel özellikler belirlenmiştir. Daha sonra süreçler alt parçalara ayırarak her sürecin temel aktivite diyagramı çıkarılmıştır. Bu diyagram sayesinde yazılımsal iş akışları da çıkarılmıştır. Örgü işletmesine ait kavramsal terimlerin veri yapısını tasarlamada yardımcı olması ve sınıf diyagramlarının alt yapısının oluşturulması amaçlı kavramsal (domain) model hazırlanmıştır.

Tasarımı yapılan sınıflardan oluşturulan dijital nesnelerin etkileşimlerini gösteren ve sistemlerin işleyişine yardımcı olan yazılım analizi için Ardışıl (sequence) Diyagramı oluşturulmuştur. Çalışmadaki sınıfların, özelliklerinin ve birbiri arasındaki ilişkilerin gösterilmesi amacıyla Sınıf Diyagramı kullanılmıştır. Sınıf diyagramlarının kullanımı ile çalışma kapsamında entegre edilecek sistemlerin en az hata (bug) ile çalışması amaçlanmıştır.

5. Üretim Yürütme Sistemi Yazılımının Geliştirilmesi

Süreç analizi, pilot otomasyon uygulaması ve modellemeler sonucunda sistemin cevap veremediği ve/veya karşılayamadığı süreçlere yönelik bir yazılım geliştirilmiştir.

Üretim yürütme sistemleri (MES) yazılımının geliştirilmesi aşamasında kod platformu ve dil seçimi çalışma ekibinin tecrübesi dahilinde seçilmiştir. C# dili bu faaliyetler için kullanılmıştır. Kod platformu Visual Studio Community (IDE and Code Editor) aracılığıyla geliştirilmiştir. İş katmanlarının ve işin modellenip yazılıma aktarılması DevExpress XAF ile gerçekleştirilmiştir. Modeller XAF platformunda kodlanmıştır. Oluşturulan kodlar Team Foundation Server (TFS) hesabına aktarılarak hem her adım için log alınıp izlenebilir hale getirilmiş, hem de veri kaybı önlenmiştir. Veritabanı sistemi olarak MS SQL SERVER kullanılmıştır. Raporlama ve otomatik e-posta sistemleri için de SQL Reporting Service’de geliştirmeler yapılmıştır.

Geliştirilen UML modellerinin yazılım üzerinde çalışma testleri gerçekleştirilmiş, belirlenmiş olan bütün komponentlerin ve kullanıcı hikayelerinin (use case) testlerinin doğrulanmaları yapılmıştır. Ayrıca sisteme validasyonlar eklenerek belirlenen ön kontrollere göre de testler ve doğrulama çalışmaları yapılmıştır.

Geliştirilecek yazılım sunucuya yüklenerek devreye alma aşamasında tüm kullanıcıların denemesine sunulmuştur. Kullanıcılardan alınan geri bildirim sonucunda gerekli iyileştirmeler

yapılarak sistem canlı tutulmuş, bakım için ayrılacak çalışma oranı minimumda tutulması için gerekli alt yapı oluşturulmuştur.

6. Akıllı Kural Sistemlerinin Geliştirilmesi ve Pilot Uygulamaların Yapılması

IBM SPSS Modeller veri madenciliği aracıyla tüm işletme içerisinde dijital bir kural kontrol ağı kurulmuştur. Bu ağ için öncelikle akıllı kural ihtiyaçlarının analizi yapılarak kural setlerinin oluşturulması için gerekli parametreler belirlenmiştir. Bu parametrelerden biri olan tip değişimi verileri yeni üretim yürütme sistemin toplanacak hazır veri seti IBM Modeller aracıyla analiz edilerek optimum tip değişimi kuralları çıkarılmıştır. Hatalı tip değişimi sonucunda 30dk'lık süreçler 24 saate kadar uzayabilmektedir. Belirtilen bu girdi değişkeni dışında birçok girdi değişkeni için de kural setleri oluşturularak devreye alınmıştır.

Oluşturulan bu kural setleri ile IBM SPSS Modeler aracında kural kontrol ağı oluşturmuştur. Makinelerden toplanan veriler Random Trees modeline verilerek bir veri ambarı oluşturulmuştur. Belirlenen girdiler gözetimli öğrenme (supervised learning) yoluyla en ideal çıktıyı vererek karar ağacı oluşturulmuştur.

Örgü işletmesinde bulunan ERP ve MES sistemlerinden gelecek veriler veri madenciliği metodolojisi kullanılarak düzenlenip kural sistemlerine aktarılmıştır. Kural sistemlerinde öncelik seviyeleri belirlenerek karar katmanları oluşturulmuştur. Sistemde oluşacak yeni taleplerle bakım ve geliştirme yapılarak eksikler giderilmiştir. Dinamik kontrollere uygun akıllı kural sistemleri geliştirilmiş, belirtilen girdi değişimlerine uygun kurallar oluşturulmuştur.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Uzun yıllardır otomotiv, elektronik, makine gibi sektörlerde kullanılan MES, tekstil sektöründe de yaygınlaşmaya başlamıştır. Özellikle boyahane ve apre işletmelerinde kullanımı artan MES, örgü işletmelerinde hala yaygın değildir. Örgü makinelerinin yapılarından dolayı veri toplama zorluğu ek sensör ve donanım ihtiyacı, değişken sayısının çok olması gibi problemler nedeniyle piyasada mevcut ürünler hala ihtiyaçlara tam karşılık verememektedir.

Çalışma sırasında yapılan araştırmalar sonucunda yurt dışında bu alanda hizmet veren iki büyük firma bulunduğu gözlenmiştir. Bunun yanında yurtiçinde de olmak üzere toplamda 4 firmanın sunduğu sistemler incelenmiş, donanım ve yazılım kriterleri değerlendirilmiştir. Fakat çalışma sonucunda ulaşılmaması istenilen örgü otomasyonu ve veri toplama, planlama, önleyici bakım, akıllı bileklik duruş takip, raporlama, kural motorları ve izleme modülleri gibi birçok entegre yazılımsal ve donanımsal özelliğin bir arada bulunduğu tek bir sistem bulunamamıştır.

Kurallama Sistemi, Yapay Zeka (Supervised), Makine Öğrenmesi, Özel Form ve 3. Parti Modüller teknik özellikleri mevcut ürünlerde bulunmamaktadır. Çalışmada geliştirilen Akıllı Üretim Yürütme Sistemi'ne bu özellikler kazandırılmıştır.

Kullanıcı hikayelerinin oluşturulması sonucunda belirlenen süreç akış şemaları üzerinden değer katmayan süreçler bulunmuştur. Hiçbir şekilde sisteme ya da işletmeye katkısı olmayan bu süreçler kaldırılmıştır. Bu süreçler "Refakat Kartı Planlama Panosuna Koyulur" ve "Makineler Gezilir ve Duruşlar ile İlgili Bilgi Toplanır" olarak belirlenmiştir. 4 yeni adım süreç akış şemasına eklenmiştir.

Örgü makinelerinden veri toplanması konusunda verileri temsil eden makine sensörleri dikkate alınmıştır. 4 farklı makine tipinden 3'ünde bazı sensörler olmadığı için ek yatırım gerekmiştir.

Makine tiplerinden biri için bu problem otomasyon sisteminin üreticisi ile makine üreticisinin birlikte çalışması sonucunda çözülmüştür. Diğer ikisi için ise ana kart üzerinde olmayan bağımsız modüllerinde WDL Veri Ünitesi üzerinde bulunan I/O portlarında toplanmasının uygun olduğu belirlenmiştir.

Makinelerden 8 farklı parametrenin alınabildiği çalışmalar sonucunda belirlenmiştir;

- Makine Çalışıyor/Çalışmıyor
- İplik Koptu(Giriş)/Likra
- İplik Koptu(Çıkış)
- Kapı Açık
- Makinenin Turu
- İğne Kırıldı
- Top Bitti
- Diğer Duruş/SFT

Bu parametrelere ek olarak makine turu alındıktan sonra makine hızı cihaz tarafından hesaplanabilmektedir.

MES yazılımı geliştirilirken tercih edilen Visual Studio Community (IDE and Code Editor) ve Devexpress XAF(eXpressApp Framework) araçlarının kullanılması ile kodlama süreçlerinde az yazılımcıyla daha verimli sonuçlar alınmıştır. Çalışma kapsamında kısa sürede iki farklı yazılım sürecinin geliştirilmesi ve devreye alınması yüksek verimlilikte yürütülmüştür. Yazılım sistemi üzerinde kullanılan model sayesinde devreye alımdan sonra kullanıcılarda gelen isteklerinde hızlıca karşılanması ve yazılım süreçlerinin ilerlemesindeki adımlarda da verimlilik sağlanmıştır.

IBM Modeler aracı kullanılarak kural motorları oluşturulmuş, sipariş girişten itibaren tüm girdi değişkenleri kural ağaçlarıyla %100 kontrol edilerek maksimum verimlilikte üretim yapılması sağlanmıştır. Makine öğrenmesi yöntemi kullanılarak Kural ağaçlarında gerekli olan fakat otomasyon sisteminden gelmeyen girdi değişkenleri MES kapsamında yeni yazılımlar geliştirilerek kural ağaçlarına gerekli girdi değişkenlerinin beslenmesi sağlanmıştır. Geliştirilecek örgü karar destek sistemleriyle örgü işletmesinin anlık ve hızlı olarak üretim kararları vermesini sağlamıştır.

Çalışmanın diğer bir önemli niteliği üniversite-sanayi işbirliği başarısını temsil etmesidir. Çalışma ekibi tekstil mühendisliği, endüstri mühendisliği ve bilgisayar mühendisliği disiplinlerinden uzmanların bir araya gelmesiyle, süreçlerin belirlenmesi, verinin toplanması, analiz edilmesi, işlenmesi ve sistemin oluşturulması konularında herhangi bir açık süreç kalmayacak şekilde eksiksiz bir çalışma yürütmüştür. Bu çalışma esnasında verimsiz olan süreçler de belirlenmiş ve gerekli iyileştirmeler yapılmıştır. Sun Tekstil Ar-Ge Merkezi'nin proje yürütme konusundaki tecrübeleri de çalışmanın planlanan süre, kaynak ve hedeflere uygun olarak yürütülmesini kolaylaştırmıştır.

SONUÇ

Çalışmanın sonuçlarına göre, önemli bir verimlilik artışı gözlenmiştir. Otomasyon uygulamalarında bu artış %65-70 oranından %88-92 oranına yükselmiştir. Çalışmanın diğer önemli bir çıktısı ise kalite üzerindeki etkinin değerlendirilmesi olmuştur. İkinci kalite oranında düşüş gözlenmiş olup, bu düşüş çalışma dışındaki etkilerle birlikte değerlendirilmiştir. Diğer

yandan, termin sürelerinde %5 azalma gerçekleşmiş ve termin sürelerindeki gecikmelerden dolayı yaşanan iş kaybı, eksik yükleme nedeniyle reklamasyon veya termini tutturmak için yapılan uçak kargo masraflarının azalması ve müşteri memnuniyetsizliği gibi soyut maliyetlerden de kazanç sağlanmıştır.

Çalışmadan alınan başarılı sonuçlar ışığında sistemin genişletilmesi ve yaygınlaştırılması için stratejik yatırımlar yapılmıştır. İşletmedeki 280 yuvarlak örme makinasına yapılan yatırım ile ilk yıl içinde yaklaşık 136.000 avroluk kazanç elde edilmiştir. İleri teknoloji yoğun üretim süreçleri ve ürün yenilikleri, üniversite-sanayi işbirliği ile başarıyla yapılmıştır. Bu yaklaşım, dijital dönüşüm çerçevesinde üretim verimliliğini artırırken, üretim maliyetlerinin düşürülmesine yönelik stratejileri de beraberinde getirmiştir. Ayrıca, sektörde teknolojik bilgi üretimi ile sürdürülebilir rekabet avantajları sağlanmıştır.

Çalışmadan elde edilen bilgilerle HORIZON-CL4-2022-TWIN-TRANSITION-01-04 çağrısı için bir konsorsiyuma katılım gösterilmiş, COFLEXCOR kısa adıyla bir proje başvuru yapılmış ve eşik üstü ödülü alınmıştır. Yine bu bilgiler ışığında Eurostars Sustainability Call altında DEFECTFREE kısa adıyla makine öğrenmesi ve yapay zeka tabanlı bir proje başvurusu yapılmış ve Eylül 2024 itibariyle desteklenmeye başlamıştır.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK TEYDEB 1501 programı kapsamında desteklenmiş olup, akıllı üretim yürütme sistemi Sun Tekstil, Ekoten Tekstil ve Dokuz Eylül Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü işbirliğinde geliştirilmiştir.

KAYNAKLAR

- <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/internet-of-things-iiot-market-100307#:~:text=The%20global%20Internet%20of%20Things,24.3%25%20during%20the%20forecast%20period.>
- Qi, Q., & Tao, F. (2018). Digital twin and big data towards smart manufacturing and industry 4.0: 360 degree comparison. *Ieee Access*, 6, 3585-3593.
- Özbek, A., Yıldız, A., & Alan, M. A. (2021). Türk tekstil işletmelerinin endüstri 4.0'a adaptasyonunun incelenmesi. *Acta Infologica*, 5(2), 255-265
- Özbek, A., & Alan, M. A. (2022). Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Transferi: İSO 500 Tekstil ve Hazır Giyim İşletmeleri Uygulaması. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 11(3), 1165-1178.
- Mantravadi, S., & Möller, C. (2019). An overview of next-generation manufacturing execution systems: How important is MES for industry 4.0?. *Procedia manufacturing*, 30, 588-595.
- Kim, T. H., Jeong, J., & Kim, Y. (2019). A conceptual model of smart manufacturing execution system for rolling stock manufacturer. *Procedia Computer Science*, 151, 600-606.
- Cupek, R., Ziebinski, A., Huczala, L., & Erdogan, H. (2016). Agent-based manufacturing execution systems for short-series production scheduling. *Computers in Industry*, 82, 245-258.
- Witzel, O., Wilm, S., Karimanzira, D., & Baganz, D. (2019). Controlling and regulation of integrated aquaponic production systems—An approach for a management execution system (MES). *Information Processing in Agriculture*, 6(3), 326-334.

DİJİTAL DÖNÜŞÜM, DERİN ÖĞRENME

Endüstriyel Otonom Mobil Robotlar İçin Özgün Bir Yanaşma Algoritması: TDA

*Sedanur Kırıcı, Kar Metal, Gökhan Atalı, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ulaş Birgül, Kar Metal*

yapayzeka@karmetal.com.tr, gatali@subu.edu.tr, ulasbirgul@karmetal.com.tr

ÖZET

Endüstriyel sahada taşıma ve lojistik, işletmelerin verimliliği ve rekabet gücü açısından büyük önem taşımaktadır. Geleneksel manuel taşıma yöntemleri, işgücü ve zaman kaybına neden olmakla kalmayıp, aynı zamanda iş kazaları riskini de artırmaktadır. Bu nedenle, endüstriyel otomasyon çözümleri giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Otonom mobil robotlar, özellikle tekrarlayan ve zorlu taşıma işlemlerinde insan işgücüne alternatif olarak önemli bir rol oynamaktadır. Otonom mobil robot tiplerinden biri olan AMR'ler (Otonom Mobil Robot), doğal navigasyon özelliği sayesinde yardımcı faktörlerden (qr, çizgi, reflektör vb.) bağımsız olarak serbestçe hareket edebilirler. Bu özellikleri AMR'lerin dinamik ve değişken ortamlarda verimli bir şekilde çalışmasına olanak tanır ve iş süreçlerini optimize eder. Bu çalışma, sanayide taşıma amaçlı kullanılan forklift tipi otonom mobil robotlar için özgün bir yanaşma algoritması geliştirmeyi hedeflemektedir. TDA (Trident Docking Algorithm) ismi verilen bu algoritma, forklift tipi çatallı robotun euro palet nesnesine otonom ve hassas bir şekilde yanaşabilmesini sağlamaktadır. Bu tür bir hassasiyet, endüstriyel otomasyonun başarısı için kritik öneme sahiptir, zira yanlış yerleştirme veya taşıma hataları hem zaman kaybına hem de malzeme hasarına yol açabilir.

Algoritmanın temel prensibi, robotun mevcut konumu ile hedef nokta arasında S şeklinde bir yol çizerek hareket etmesidir. Bu süreçte, robotun açısal ve lineer hızları, algoritma tarafından dinamik olarak ayarlanmaktadır. Bu dinamik ayarlamalar, robotun hem yol boyunca sabit hızda ilerlemesini hem de gerektiğinde hızını ve yönünü değiştirmesini sağlar. Bu da robotun çevresel engellerden kaçınırken hedefe doğru güvenli ve verimli bir şekilde ilerlemesine olanak tanır. Algoritma, robotun konum verilerini kullanarak robotun pozisyonunu ve oryantasyonunu sürekli olarak güncellemektedir. Bu veriler, robotun yanaşma operasyonu sırasında hatalı hesaplamaların önüne geçmek için kullanılmaktadır. Hesaplamalarda diferansiyel sürüş ileri ve ters kinematik dönüşümlerinden yararlanılmıştır. Algoritma, robotun hedefe doğru ilerlerken engellerden kaçınmasını sağlamak için çeşitli sensör verilerini birleştirir ve bu verileri kullanarak optimal bir yol planı oluşturur. Yanaşma algoritmasının etkinliği, hem simülasyon hem de gerçek dünya testleri ile kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir. Simülasyon sonuçları, algoritmanın euro palet nesnesine yüksek hassasiyetle yanaşabildiğini göstermiştir. Bu yüksek hassasiyet, endüstriyel uygulamalarda robotun güvenilirliğini ve doğruluğunu artırır. Gerçek dünya testleri ise, algoritmanın farklı çalışma koşullarında ve zorlu ortamlarda bile güvenilir ve verimli bir şekilde çalışabildiğini ortaya koymuştur. Bu testler, algoritmanın pratik uygulamalardaki dayanıklılığını ve uyarlanabilirliğini doğrulamıştır. Sonuç olarak, bu çalışma, forklift tipi otonom mobil robotların sanayi ortamlarında daha etkin ve güvenilir bir şekilde çalışabilmelerini sağlayacak önemli bir katkı sunmaktadır. Geliştirilen yanaşma algoritması, endüstriyel otomasyon süreçlerinin verimliliğini artırmakta ve insan müdahalesini minimuma

indirmektedir. Bu tür yenilikçi çözümler, endüstriyel süreçlerin daha güvenli, hızlı ve maliyet etkin bir şekilde yürütülmesine yardımcı olur, aynı zamanda iş kazalarını ve malzeme hasarını azaltır.

Anahtar kelimeler: otonom mobil robot, hassas yanaşma, doğal navigasyon, Endüstri 4.0.

GİRİŞ

Endüstriyel sahalarda taşıma ve lojistik süreçleri, işletmelerin verimliliği ve rekabet gücü üzerinde doğrudan etkili olan kritik unsurlar arasında yer almaktadır. Geleneksel manuel taşıma yöntemleri, hem işgücü hem de zaman kaybına neden olurken, iş kazası risklerini de beraberinde getirmektedir. Bu durum, endüstriyel otomasyon çözümlerinin önemini artırmakta ve daha verimli, güvenli ve sürdürülebilir taşıma çözümlerine olan ihtiyacı ortaya koymaktadır. Son yıllarda, otonom mobil robotlar bu ihtiyaca cevap veren en yenilikçi teknolojilerden biri olarak öne çıkmıştır.

İç mekan otonom mobil taşıma robotları, özellikle tekrarlayan ve zorlu taşıma görevlerinde, insan iş gücüne alternatif olarak büyük bir rol oynamaktadır. Otonom mobil taşıma robotları yazılım teknolojileri bakımından temelde 2'ye ayrılmaktadır: AMR (Otonom Mobil Robot), AGV(Otomatik Yönlendirmeli Araç). AGV'ler çalışacakları ortamda hareket edebilmeleri için qr kod, çizgi, reflektör vb. gibi yardımcı faktörlere ihtiyaç duyarlar. Bu yardımcı faktörler genellikle firmaya maliyet oluşturduğundan ve rutin bakım gerektirdiğinden tercih edilmemektedir [1]. AMR'lere ise bu yardımcı faktörlerden bağımsız olarak otonom bir şekilde yol planlayabilmektedirler. Çalışacakları ortamı önceden haritalandırarak bu harita üzerinde kendilerini konumlandırabilirler. Bu yazılımsal özellik Doğal Navigasyon teknolojisi olarak adlandırılmaktadır. Doğal navigasyon yetenekleri sayesinde, AMR'ler dinamik ve karmaşık endüstriyel ortamlarda bağımsız bir şekilde hareket edebilme yetisine sahiptir. Bu yetinin kazanılması için çeşitli sensörlerle ve yazılımlarla donatılmışlardır. Yılmaz ve Temeltaş çalışmalarında, parçacık filtreleme tabanlı büyük ölçekli konumlandırmayı, yanaşma için tarama eşleme tabanlı hassas konumlandırma ile birleştiren bir yaklaşım önermektedir. Bu çok aşamalı yaklaşım, hem hesaplama verimliliğini hem de konumlandırma hassasiyetini optimize etmektedir. Kaba ve hassas konumlandırma arasındaki geçiş, "correntropy" kriterine dayanan bir karar verme mekanizması ile yönetilmekte ve aşamalar arasında sorunsuz bir geçiş sağlanmaktadır [2]. Yacharern ve arkadaşlarının çalışmasında, otonom mobil robotlar için davranış ağacı (Behavior Tree - BT) temelli bir yanaşma algoritması geliştirilmiştir. Bu yaklaşım, robotun kamera ve SLAM algoritması kullanarak şarj istasyonunu tanımlayıp hedefe ulaşmasını sağlar [3]. Bostelman ve Hong'un çalışmasında, yanaşma süreçlerinin kontrolü ve sensör kullanımı üzerine yapılmış mevcut araştırmalar derlenmiştir. Yanaşma, bir aracın belirli bir hedefe ulaşarak doğru pozisyonda durmasını gerektirir. Çalışmada, yanaşma kontrolü için farklı kontrol stratejileri, sensör entegrasyonları ve mobil robotlarla robot kolu kullanımına dair örnekler incelenmiştir. Ayrıca, araçların çarpışma önleme sistemleri ve rotalama yöntemlerine dair yapılan geliştirmeler de ele alınmıştır [4]. Luo ve arkadaşları tarafından geliştirilen çalışma, otonom güvenlik robotları için bir otomatik yanaşma ve şarj sistemi tasarlamıştır. Çalışmada, robotun şarj istasyonuna dönebilmesi için bir güç tahmin algoritması önerilmiş ve yapay bir işaretleyici kullanılarak robotun doğru bir şekilde yanaşması sağlanmıştır. Bunun yanı sıra, sanal yay modeli ile robotun şarj istasyonuna yaklaşımı kontrol edilmiştir. Bu modelde, robot ile istasyon arasında sanal bir yay varsayılarak, robotun hareket parametreleri belirlenmiştir.

Deneyisel sonuçlar, önerilen yöntemlerin robotun güvenilir bir şekilde yerleştirilmesini ve şarj edilmesini sağladığını göstermektedir [5].

Bu çalışmada endüstriyel otonom bir mobil robotun europalet nesnesine hassas yanaşması için geliştirilen algoritma açıklanmıştır.

MATERYAL METOT

Bu çalışmada geliştirilen yanaşma yazılımının test edileceği otonom mobil robot Şekil 1’de verilmiştir. Servant T1500 adı verilen bu mobil robot 1500 Kg yük taşıma kapasitesine sahiptir. Doğal navigasyon özelliğiyle çevreye eklenecek herhangi bir yardımcı faktörden bağımsız çalışabilme yetisine sahiptir. Servant T1500, bu yetiyi edinebilmek için çeşitli sensörlerle ve yazılımlarla donatılmıştır. Lidar, 3 boyutlu kameralar, lazer sensörler bu donanımlara örnek verilebilir. Lidar, bir hedefin uzaklığını lazer ışınlarıyla ölçen ve yüksek doğrulukta 2D ve 3D haritalar oluşturabilen bir sensör teknolojisidir. Lidar, çevreyi algılamak için nesnelere lazer darbeleri gönderir ve bu darbelerin geri dönüş sürelerini hesaplayarak mesafeleri belirler. Özellikle karmaşık ve dinamik ortamlarda, lidar sensörleri yüksek çözünürlük ve doğruluk sunarak güvenilir bir algılama sağlar. Servant T1500 robotunda kullanılan Lidar sensör hem güvenlik hem haritalama amacıyla kullanılmaktadır. Ortamın haritasının çıkarılması, robotun çıkarılan harita üzerinde kendini konumlandırması işlemlerinde bu teknolojiyen yararlanılmaktadır. Bu çalışmada hedef noktaya yanaşma sırasında kullanılan aracın konum bilgisi de yine lidar sensörün verdiği bilgiler doğrultusunda oluşturulmaktadır.

Kullanılan bir diğer sensör 3b veri sağlayabilen ve robotun çatal tarafına (Şekil 1) yerleştirilen RGB-D kameradır. Bu kamera ile robotun yanaşacağı noktanın belirlenmesi için palet görüntüsü çekilmektedir. Çekilen görüntü üzerinde önce bir derin sinir ağı çalıştırılmakta palet nesnesi tespit edildikten sonra 3 boyutlu kameradan uzaklık verisi kullanılarak paletin araca göre konumu hesaplanmaktadır. Bu konum yanaşma algoritmasının hedef verisi olacaktır. Ancak paletin tespit yazılımları bu çalışmaya dahil değildir.



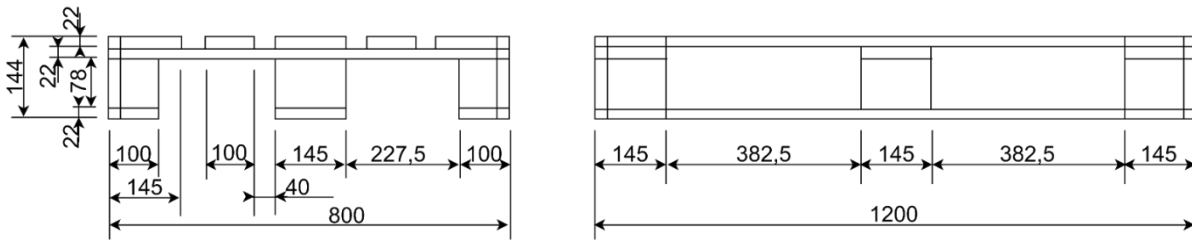
Şekil 1 Servant T1500 tasarımı, a) Lidar sensör, b) Kamera konumu

Servant T1500 yazılım işletim sistemi olarak ROS (Robot Operasyon Sistemi) kullanılmaktadır [6]. Sistem içinde birçok farklı programın -bu programlar farklı programlama dillerinde olabilir- birbirleriyle kolaylıkla haberleşebileceği bir çalışma ortamı sunduğundan ROS işletim sistemi tercih edilmiştir. 2 tahrik tekerine ve 2 avare tekere sahip olan Servant T1500, diferansiyel sürüş prensiplerine uygun olarak hareket etmektedir.

Servant T1500, senaryosu gereği öncelikle çalışma ortamını haritalandırır. Bu haritalama işleminin ardından harita üzerinde istasyonlar kullanıcı tarafından tanımlanır. Firma bünyesinde geliştirilen robot kontrol arayüzden kullanıcı tarafından tanımlanan istasyonlar arası iş emri girilir. Bu iş emirleri filo kontrol yazılımı tarafından onaylanarak ilgili robotlara gönderilir. Robot tanımlanan istasyona geldiğinde paletin hassas bir şekilde tespit edilmesi gerekmektedir. Paletin olup olmama durumunu ve eğer varsa tam olarak konumunun hesaplanabilmesi için 3 boyutlu kamera ile görüntüsü çekilir. Bu görüntü bir derin sinir ağından geçirilir ve paletin ön yüzü ve cep kontürleri belirlenir. Bu kontür noktaları kullanılarak 3 boyutlu nokta bulutu verisi noktaları alınır ve paletin kameraya göre konumu ve oryantasyonu hesaplanır. Kameraya göre konumu bilinen paletin araca göre ve haritaya göre konumları hesaplanır ve harita üzerinde konumlandırılır. Nihayetinde belirlenen hedef konuma aracın yanaşması için yanaşma algoritması çalıştırılır.

Yanaşma Algoritması

Bu çalışmanın konusu olan yanaşma algoritması, Şekil 1’de görseli verilen çatallı mobil robotun bir europaletle hassas yanaşabilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Şekil 2’de teknik resmi verilen europalet (1200x800x144mm) kutu boyutlarındadır. Robotun çatallarının gireceği açıklık ve robotun çatallarının genişliği göz önünde bulundurulduğunda robotun yanaşabilmesi için -çatalın- sağdan ve soldan 33.3mm mesafesi kalmaktadır. Söz konusu algoritma bu toleransları karşılayacak biçimde kurgulanmıştır.



Şekil 2 Europalet nesnesi ölçüleri

Geliştirilen algoritma, robotun palet ile doğru bir şekilde hizalanarak, belirlenen toleranslar dahilinde geri geri hareket etmesine dayanmaktadır. Algoritmanın çalışması, ROS döngüsü içinde sürekli olarak kontrol edilir. Yanaşma aktivitesinin aktif olup olmadığına göre robotun davranışı belirlenir: Yanaşma Aktifse, araç ve palet pozisyon bilgileri alınır ve bu bilgiler doğrultusunda gerekli dönüşümler hesaplanır. Eğer aracın açısı ve mesafesi belirlenen toleranslar dahilinde ise, robot geri geri hareket eder. Aksi takdirde, robotun pozisyonu ve açısı düzeltilir. Yanaşma Aktif Değilse, robot herhangi bir hız komutu almaz ve durur. Yanaşmanın aktif olup olmaması tespit algoritması ve diğer güvenlik durumlarının aktif olup olmamasına bağlıdır. Algoritma 1’de, geliştirilen algoritmanın sözde kodu verilmiştir.

Algoritma 1. Trident Yanaşma Algoritması

1. ROS düğümleri ve Yayıncılar/Abonelikler başlatılır
 - Hız komutları için bir yayıncı başlatılır
 - Palet pozisyonu, araç pozisyonu ve yanaşma aktif konularına abone olunur
 - Pozisyon matrisleri ve vektörler için değişkenler tanımlanır
-

2. Dönüşüm ve araç-palet ilişkisi için **MATRİSLER** tanımlanır

- $T0_1$, $T0_2$, $T0_1t$, $T1_2$: Araç ve palet arasındaki dönüşümler için matrisler
- $palete_gore_arac_y_vec$: Aracın palete göre Y pozisyonunu depolayan vektör

3. **ROS** aktif olduğu sürece **WHILE**:

3.1 Yanaşma aktivasyonu **KONTROL EDİLİR**

EĞER yanaşma aktifse:

- Mevcut araç ve palet pozisyonları alınır
- Matrisler kullanılarak araç ile palet arasındaki gerekli dönüşümler hesaplanır
- Yönelim ve mesafe toleransları kontrol edilir

EĞER yönelim ve mesafe toleranslar içindeyse:

- Aracın yönelimini bozmadan geri geri hareket etmesi için hız komutu yayınlanır

AKSİ HALDE:

- Yönelim düzeltilir ve yanaşma yeniden denenir

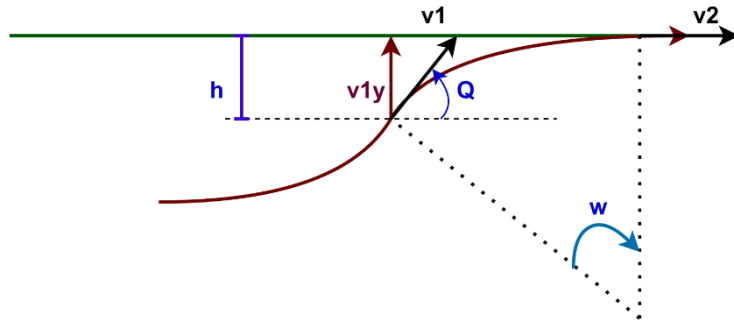
AKSİ HALDE:

- Aracı durdurmak için sıfır hız komutu yayınlanır

3.2 **ROS** geri çağrı işlemlerine izin vermek için bir bekleme yapılır

4. Yanaşma başarıyla tamamlanana veya kullanıcı tarafından durdurulana kadar **DEVAM EDİLİR**

Geliştirilen algorithmada aracın yöneliminin düzeltilmesi için ‘S’ harfine benzer bir şekil çizmesi istenmiştir. Bu şekilde diferansiyel sürüş prensiplerine uyarak araca manevra kazandırmıştır. Araç S harfini çizerken diferansiyel sürüş denklemlerine uymaktadır. S manevrasının yapılabilmesi için açısal ve doğrusal hızlar hesaplanıp motorlara gönderilir. Bu hesaplamalar bir dizi denklem seti ile gerçekleştirilmektedir. İlk olarak aracın konumunun hedefin (paletin) konumunun neresinde kaldığında bakılarak aracın hangi yöne S çizeceği kararlaştırılır. Yön belirlendikten sonra aracın palet doğrultusuna uzaklığının yarısı alınır ve ters açısal hızlarda S işareti çizdirilir.



Şekil 3 S çizim diyagramı

Doğrusal hız ($v1$), aracın palete göre açısal farkı (Q), aracın palete göre y eksenindeki uzaklığı (h) olarak sembolize edilmiştir. Denklem 1’de y eksenini doğrusal hız bileşeni ($v1y$) hesaplanmış ve Denklem 2’de aracın belirlenen hızla bu mesafeyi kat etme süresi (t) hesaplanırken kullanılmıştır. Araç yönelimini düzeltmek için gereken açısal hız (w) ise Denklem 3 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$v1y = v1 \times \sin(Q) \quad (1)$$

$$t = h / v1y \quad (2)$$

$$w = |Q| / t \quad (3)$$

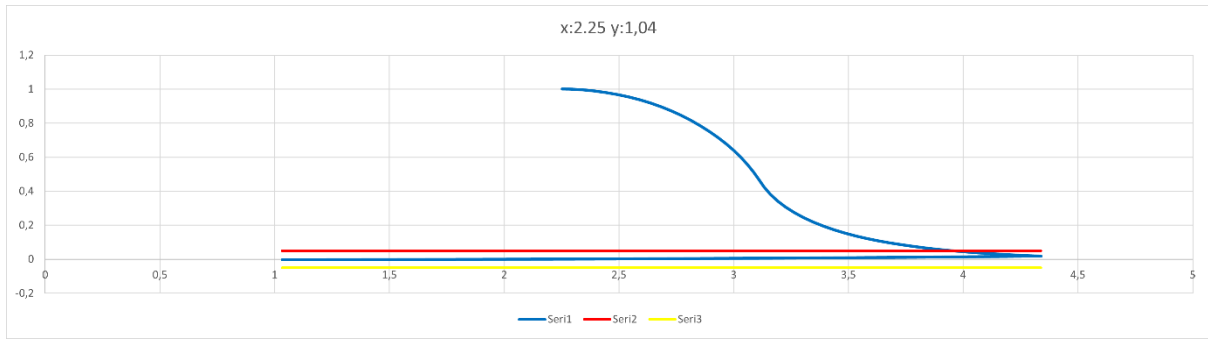
Bu denklem seti, aracın palete göre yöneliminin ne tarafta olduğunu belirleyerek geri hareket ederken yönünü düzeltmek için kullanılmıştır. Aracın paletle hizalanırken hem doğrusal hem de açısal olarak doğru bir rotada hareket etmesini sağlar.

DENEYSEL ÇALIŞMA

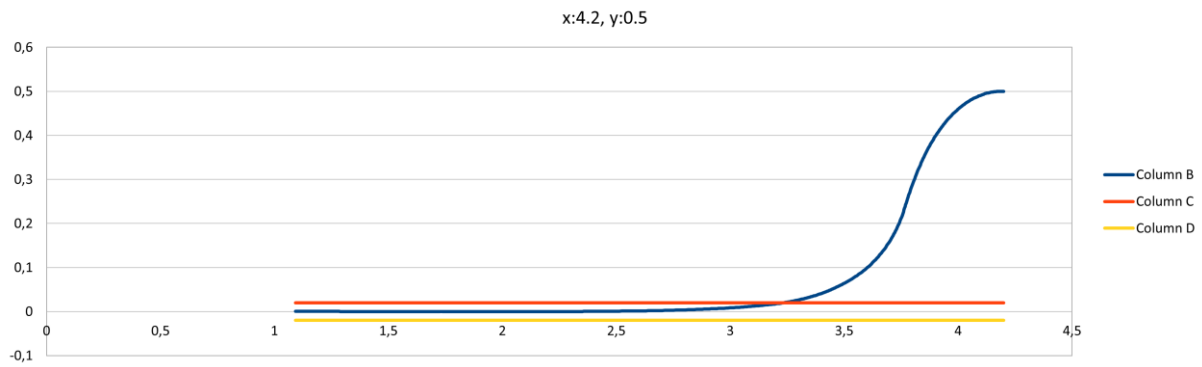
Geliştirilen algoritmanın test edilmesi ve sonuçların görülmesi için Gazebo simülasyon ortamı kurulmuş robot modeli oluşturulmuştur. Robotun ve paletin aynı ortamda bulunduğu bir dünya oluşturulmuş robotun konumu anlık olarak kaydedilerek robotun hareketi incelenmiştir. Simülasyon ortamında 22 deney yapılmıştır. Başlangıç konum olarak gösterilen sütunlardaki x,y ve açısal değerlerde araç konumlandırılmış ve (1,0) konumuna 0 derece olarak yerleştirilen paletle yanaşması için geliştirilen algoritma çalıştırılmıştır. Algoritma çalışması tamamlandığında aracın konumu Bitiş Konum sütunu altında x, y, açı değerleri olarak kaydedilmiştir. Daha sonra bu veriler arasında y değerinde ve açı değerindeki hata incelenmiştir.

Tablo 1 Deney sonuçları

NO	Başlangıç Konum			Bitiş Konum			Hassasiyet	
	X (mm)	Y (mm)	Açı (derece)	X (mm)	Y (mm)	Açı (derece)	Y (mm)	Açı (derece)
1	2,631	0,624612	-0,0523794	1,09552	0,000163894	-0,00626146	0,000163894	0,00626146
2	2,43906	0,415445	0,00359079	1,09326	0,002677	-0,016807	0,002677	0,016807
3	2,40538	0,264053	-0,021647	1,09451	0,0113554	0,00866989	0,0113554	0,00866989
4	2,39154	0,174834	0,0161523	1,09623	0,0122036	0,00713571	0,0122036	0,00713571
5	2,45663	0,0795628	-0,00313108	1,09523	0,0143834	0,00974095	0,0143834	0,00974095
6	2,44106	0,0386551	0,0106745	1,10088	0,00689457	0,011216	0,00689457	0,011216
7	2,4795	-0,781633	-0,0239146	1,09715	-0,0035579	0,00823473	0,0035579	0,00823473
8	2,49707	-0,427636	-0,0173804	1,09251	-0,00280514	0,00360437	0,00280514	0,00360437
9	2,39682	-0,27874	-0,0581661	1,09364	-0,00878566	-0,00204376	0,00878566	0,00204376
10	2,42321	-0,219102	-0,0592962	1,09164	-0,0108602	0,00269985	0,0108602	0,00269985
11	2,46176	-0,097498	-0,0516912	1,09505	-0,0124136	0,00523161	0,0124136	0,00523161
12	2,52231	0,281909	-0,00055370	1,09107	0,00870086	0,00486909	0,00870086	0,00486909
13	2,53254	0,272588	0,011344	1,09128	0,0128096	-0,00172139	0,0128096	0,00172139
14	2,6756	0,116179	-0,0224049	1,10097	0,00832909	-0,00201996	0,00832909	0,00201996
15	2,45687	-0,253393	-0,0425962	1,09483	-0,0127907	0,000398483	0,0127907	0,000398483
16	2,49816	-0,308749	-0,0318465	1,09592	-0,0160731	0,00136518	0,0160731	0,00136518
17	2,62498	-0,351206	-0,162039	1,09696	-0,00940395	-0,0078839	0,00940395	0,0078839
18	2,60185	-0,287483	0,7575	1,09797	-0,0140326	0,0135808	0,0140326	0,0135808
19	4,51037	0,46314	0,0618156	1,0921	0,00147122	0,00176167	0,00147122	0,00176167
20	4,004	-0,367672	-0,011804	1,09385	-0,0101074	0,00736834	0,0101074	0,00736834
21	2,51954	0,0109679	0,0202082	1,0973	0,00917626	-0,00607566	0,00917626	0,00607566
22	2,60906	0,0433157	0,0711683	1,09425	0,00477268	-0,00242513	0,00477268	0,00242513



Şekil 4 İleri hassas yanaşma noktaları



Şekil 5 Geri hassas yanaşma noktaları

Şekil 4 ve Şekil 5'te robotun ileri ve geri giderek palete yanaşması sırasında robot konum bilgileri kaydedilmiş ve grafikleştirilmiştir. Robotun hareketi grafik üzerinden okunabilmektedir.

SONUÇ

Simülasyon ortamında yapılan deneyler incelendiğinde Tablo 1'de de görüldüğü üzere y eksenindeki ortalama sapma 0,008807626 mm'dir, açısal sapma ise 0,005959 derecedir. Bu sonuçlar simülasyon ortamında aracın sorunsuz ve hassas bir şekilde palet nesnesine yanaştığını ve algoritmanın amacına ulaştığını göstermektedir. Simülasyon sonuçlarının yanı sıra, algoritmanın farklı senaryolarda ve başlangıç koşullarında güvenilir performans sergilemesi, endüstriyel uygulamalara yönelik potansiyelini de artırmaktadır. Özellikle, S-şekilli bir yol izleme ve diferansiyel sürüş dinamiklerinin optimize edilmesi, robotun hem çevresel engellerden kaçınmasını hem de hedefe doğru güvenli bir şekilde ilerlemesini sağlamıştır. Yanaşma sürecinde robotun pozisyon ve oryantasyon bilgileri sürekli olarak güncellenmiş, bu da robotun doğru bir rotada hareket etmesini sağlamıştır. Robotun geri hareket ederken yönelimini düzeltebilmesi ve paletle hassas şekilde yanaşabilmesi için kritik bir rol oynamıştır. Sonuç olarak, bu çalışma endüstriyel otonom mobil robotların sanayi ortamlarındaki operasyonel verimliliğini artırmaya yönelik önemli bir katkı sunmuştur. Geliştirilen Trident Docking Algoritması (TDA), robotların hassas yerleştirme operasyonlarında insan müdahalesine olan ihtiyacı en aza indirerek, iş süreçlerinin daha güvenli, hızlı ve maliyet etkin bir şekilde yürütülmesine olanak tanımaktadır. İlerleyen aşamalarda, algoritmanın gerçek dünya uygulamalarıyla testlerinin artırılması ve daha karmaşık endüstriyel senaryolar için

uyarlanması planlanmaktadır. Ayrıca, algoritmanın farklı robot sistemleriyle entegrasyonu ve filo yönetimi gibi uygulamalarda da kullanılabilirliği üzerine çalışılmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma, Kar Metal San. ve Tic. Ltd. Şti. firmasında bulunan Ar-Ge imkanları kullanılarak gerçekleştirilmiş ve uygulamaya alınmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Chen, J., Liu, Q., & Li, X. (2022). Path planning based on improved A* and dynamic window approach for mobile robot. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 28(6), 1650-1658. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2020.03.034>.
- [2] Yilmaz A, Temeltas H. A multi-stage localization framework for accurate and precise docking of autonomous mobile robots (AMRs). *Robotica*. 2024;42(6):1885-1908. doi:10.1017/S0263574724000602.
- [3] K. Yacharn, P. Musigapongand T. Ratniyomchai, "Development of Autonomic Docking Algorithm for Autonomous Mobile Robots by Integrated with Behavior Tree," 2024 12th International Electrical Engineering Congress (iEECON), Pattaya, Thailand, 2024, pp. 01-05, doi: 10.1109/iEECON60677.2024.10537856.
- [4] Bostelman, R., & Hong, T. (2016). Review of research for docking automatic guided vehicles and mobile robots. National Institute of Standards and Technology. <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8140>.
- [5] R. C. Luo, C. T. Liao, K. L. Su and K. C. Lin, "Automatic docking and recharging system for autonomous security robot," 2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Edmonton, AB, Canada, 2005, pp. 2953-2958, doi: 10.1109/IROS.2005.1545197.
- [6] Open Source Robotics Foundation. (n.d.). Robot Operating System (ROS). ROS.org. Retrieved October 15, 2024, <https://www.ros.org>.

Fabrikalarda Kullanılacak Yapay Zeka Destekli İnsan Tespit Sisteminin Geliştirilmesi

Melih Berk Akyıldız, Diniz Adient Oto Donanım Sanayi ve Tic. A.Ş.

melih.berk.akyildiz@adient.com

ÖZET

Günümüzde fabrikalar, hız ve verimlilik odaklı çalışmalarıyla dikkat çekse de, bu ortamlar aynı zamanda iş güvenliği açısından çeşitli riskler barındırmaktadır. Özellikle forkliftlerin yoğun olarak kullanıldığı ambarlar, iş kazalarının sıkça yaşandığı alanlar arasında yer almaktadır. Forkliftlerin manevra kabiliyeti yüksek olsa da, özellikle kör noktalarda insanları fark etmek her zaman mümkün olmayabilir. Projenin amacı, bu noktada devreye girerek bu sorunun önüne geçmektir.

Projemiz, fabrikaların ambarlarında kör noktalarda insan tespiti yaparak forklift operatörlerini uyarmak amacıyla tasarlanmış bir güvenlik çözümüdür. Ambarın stratejik noktalarına yerleştirilen gelişmiş kameralar sayesinde, insan varlığı anında algılanmakta ve eşzamanlı olarak forklift operatörlerine kırmızı uyarı ışığıyla bildirim yapılmaktadır. Bu sistem, iş kazalarını önlemek amacıyla kritik bir rol oynar ve insan hayatını koruma amacını taşır.

Bu projede, ileri görüntü işleme ve yapay zeka algoritmalarını kullanarak, ortamda bulunan insanların hızlı ve doğru bir şekilde tespit edilmesini sağlar. Bu sayede forklift operatörleri, herhangi bir tehlike anında hızlıca bilgilendirilir ve gerekli önlemleri alabilir. Bu yenilikçi sistem, sadece kazaların önlenmesiyle kalmaz, aynı zamanda iş verimliliğini de artırır; çünkü bu güvenli bir çalışma ortamı, çalışanların daha verimli ve huzurlu bir şekilde çalışmalarını sağlar.

Projemiz iş sağlığı ve güvenliği standartlarına uygun olarak tasarlanmış olup ambarlarda güvenliği bir üst seviyeye taşımayı hedeflemektedir. Aynı zamanda çalışanların güvenlik bilincini artırarak güvenlik kültürünün yerleşmesine katkı sağlar.

Anahtar kelimeler: yapay zeka, iş güvenliği, görüntü işleme, nesne tespiti, derin öğrenme

GİRİŞ

Endüstriyel üretimin yapıldığı fabrikalar, modern çağın ekonomik değerleri olarak işlev görürken, aynı zamanda iş güvenliği açısından kritik öneme sahip alanlardır. Özellikle lojistik operasyonların merkezi konumundaki ambarlar, yoğun insan ve makine trafiğiyle dikkat çekmektedir. Bu dinamik ortamda, forkliftler gibi ağır iş makinelerinin kullanımı, verimliliği artırırken beraberinde ciddi güvenlik riskleri de getirmektedir. İstatistikler, forklift kazalarının endüstriyel ortamlardaki en yaygın ve tehlikeli iş kazaları arasında yer aldığını göstermektedir. Bu kazaların çoğu, operatörlerin kör noktalardaki insan varlığını zamanında fark edememesinden kaynaklanmaktadır. Kör noktalar ve dar alanlar, forklift operatörlerinin çalışanları fark etmesini zorlaştırabilir. Bu nedenle insan ve forklift tespit eden bir sistemle iş kazalarının önlenmesi büyük bir ihtiyaçtır.

İşte tam bu noktada, teknolojinin sunduğu imkanlar ile iş güvenliği ihtiyaçlarını harmanlayan yenilikçi bir proje ortaya çıkmaktadır. Bu proje, fabrika ambarlarında kör noktalardaki insan varlığını tespit ederek forklift operatörlerini uyaran, böylece potansiyel kazaları önlemeyi

hedefleyen bir güvenlik çözümüdür. Gelişmiş görüntü işleme teknolojileri ve yapay zeka algoritmaları kullanılarak tasarlanan bu sistem, ambarın kritik noktalarına yerleştirilen kameralar aracılığıyla sürekli bir gözetim sağlamaktadır. İnsan varlığı tespit edildiğinde, sistem anında devreye girerek forklift operatörlerine kırmızı ışıklı bir uyarı göndermekte, böylece olası bir kazanın önüne geçmektedir.

Bu projenin önemi, sadece iş kazalarını önlemekle sınırlı kalmamaktadır. Aynı zamanda, çalışanlar arasında güvenlik bilincini artırarak, daha sağlıklı ve verimli bir çalışma ortamının oluşmasına katkıda bulunmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği standartlarına uygun olarak geliştirilen bu sistem, endüstriyel güvenlik anlayışını bir adım öteye taşıyarak, insan hayatına verilen değeri teknolojik bir çözümle somutlaştırmaktadır. Sonuç olarak, bu yenilikçi proje, sadece bir güvenlik önlemi olmanın ötesinde, modern endüstriyel üretimin insani yönünü ön plana çıkaran, çalışan refahını ve işletme verimliliğini eş zamanlı olarak artıran bütüncül bir yaklaşımı temsil etmektedir.

AMAC

Projemiz, fabrikaların ambarlarında kör noktalarda insan tespiti yaparak forklift operatörlerini uyarmak amacıyla tasarlanmış bir güvenlik çözümüdür. Ambarın stratejik noktalarına yerleştirilen gelişmiş kameralar sayesinde, insan varlığı anında algılanmakta ve eşzamanlı olarak forklift operatörlerine kırmızı uyarı ışığıyla bildirim yapılmaktadır. Bu sistem, iş kazalarını önlemek amacıyla kritik bir rol oynar ve insan hayatını koruma amacını taşır.

Bu projede, ileri görüntü işleme ve yapay zeka algoritmalarını kullanarak, ortamda bulunan insanların hızlı ve doğru bir şekilde tespit edilmesini sağlar. Bu sayede forklift operatörleri, herhangi bir tehlike anında hızlıca bilgilendirilir ve gerekli önlemleri alabilir. Bu yenilikçi sistem, sadece kazaların önlenmesiyle kalmaz, aynı zamanda iş verimliliğini de artırır; çünkü bu güvenli bir çalışma ortamı, çalışanların daha verimli ve huzurlu bir şekilde çalışmalarını sağlar.

Projemiz iş sağlığı ve güvenliği standartlarına uygun olarak tasarlanmış olup ambarlarda güvenliği bir üst seviyeye taşımayı hedeflemektedir. Aynı zamanda çalışanların güvenlik bilincini arttırarak güvenlik kültürünün yerleşmesine katkı sağlar.

YÖNTEM

Proje faaliyeti için gerekli olan durumlar analiz edilmiştir;

Projenin amacını ve gereksinimlerini belirlemek için detaylı ihtiyaç analizi yapılmıştır. Bu, fabrikalarımızın ambarlarında mevcut sorunların, güvenlik açıklarının ve iyileştirme alanlarının tespit edilmesini içerir. Bu kapsamda Diniz Adient Gebze fabrikamızdaki ambarda bu projeye olan ihtiyaç analiz edilip devreye almak için çalışma başlatılmıştır.

Kameraların yerleşimi, ağ alt yapısı, veri depolama, veri toplama aşamaları için çalışmalar yapılmıştır.

Projenin yürütülmesi sırasında uyulması gereken iş sağlığı ve güvenliği yönetmelikleri ve standartları incelenip çalışmalar bu kurallara uygun olarak devam ettirilmiştir.

Fabrika içerisinde kameralar ile veriler toplanmıştır;

Proje kapsamında belirlediğimiz kör noktalara uygun güvenlik kameraları yerleştirilerek kör noktaların ve fabrika içerisinde yoğun trafiğin olduğu alanlarda kamera kurulumu yapılmıştır.

Veriler, fabrika içerisinde Dahua marka 4 adet güvenlik kamerası ile toplanmıştır. 3 adet güvenlik kamerası, daha önce fabrika içerisinde olan kameralardan oluşmaktadır. Ayrıca, 1 adet güvenlik kamerası ise proje için belirlenen alana monte edilmiştir.

Kameralar ile toplanacak olan verilerin türü, veri toplama sıklığı ve depolama yöntemi belirlendikten sonra veri toplama aşaması başlatılmıştır.



Şekil 1 Kamera görüntüleri

Yapay zeka modeli oluşturma süreci gerçekleştirilmiştir;

Kameralar ile toplanan veriler kullanılarak, yapay zeka modeli için eğitim verisi oluşturuldu. Bu veri seti farklı ışık koşulları altında, farklı perspektiflerle toplandı.

Fotoğraflar, LabelIMG yardımı ile yolov8 algoritmasının formatına uygun biçimde etiketlendi ve algoritmaya hazır hale getirildi.

İnsan tespiti için 10.000 adet fotoğraf kullanıldı.

Yapay zeka modeli oluşturulmadan önce veriler ön işleminden geçirildi ve yolov8 algoritması ile yapay zeka modeli oluşturuldu.

Birkaç model oluşturulduktan sonra modellerin hassasiyetleri ve doğrulukları karşılaştırılıp, en uygun parametreler belirlendi ve en uygun model seçildi.

Yazılımın hazırlanması;

Hazır olan yapay zeka modelini üretim ortamında kullanabilmek üzere bir Web uygulaması yapıldı.

Yazılım içerisinde veri tabanı bağlantısı oluşturuldu.

Canlı görüntüyü gösterme ve tespit işlemleri için gerekli arayüz yapıldı.

Uyarıcı ışığın çalışması için gerekli olan PLC bağlantısı sağlandı. Tespit işlemi olduktan sonra verilerin ilk önce veri tabanına yazılması ve ardından PLC'ye sinyal göndererek uyarıcı ışığın yakılması sağlandı.

Donanımların tamamlanması;

Kör noktaları görecektir şekilde 2 adet Dahua 2 Mp İp Kamera alındı.

Hazırlanan yazılımı çalıştırmak için HP Xeon Z4 bilgisayar alındı.

6 adet uyarıcı kırmızı ışık alındı.

Devreye alma;

Kamera kurulumu, uyarıcı ışık kurulumu ve bilgisayar kurulumu yapıldı.

Kurulumlar yapıldıktan sonra sistem çalıştırıldı ve stabil bir şekilde çalışması sağlandı.

SONUÇ

İş güvenliği, her işletme için kritik öneme sahiptir. Bu proje, ambarlarda güvenliği artırarak iş güvenliği standartlarına uygun bir çalışma ortamı sunar. Güvenlik kameraları ve yapay zeka tabanlı sistem sayesinde, çalışanlar daha güvenli bir ortamda çalışır. Bu da çalışanların güvenlik endişelerini azaltır ve işlerine daha odaklı ve verimli bir şekilde devam etmelerini sağlar.

Her işletme, olası riskleri minimize etmek ve risk yönetimi stratejileri geliştirmek zorundadır. Kör noktalarda insan tespiti yapan bu sistem, risklerin proaktif bir şekilde yönetilmesine olanak tanır. Forklift operatörleri, tehlikeli alanlarda uyarılar alarak riskli durumlardan kaçınabilir. Bu da işletmenin genel risk yönetim stratejisini güçlendirir.

Proje, özellikle kör noktalarda insan varlığını algılayarak forklift operatörlerini uyarmak suretiyle iş kazalarının önemli ölçüde azaltılmasını sağlar. Gelişmiş görüntü işleme ve yapay zeka teknolojilerinin kullanılması sayesinde, insan varlığı hızlı ve doğru bir şekilde tespit edilir. Bu sayede, potansiyel tehlikeler anında belirlenir ve operatörlerin tehlikeli manevralardan kaçınması sağlanır. Kazaların önlenmesi, hem maddi kayıpları hem de yaralanmaları ve ölümleri önleyerek işletmelerin güvenliğini ve çalışan sağlığını artırır. İş kazalarının azaltılması, işletmelerin iş gücü kaybı, tazminat ve sigorta maliyetleri gibi ekonomik kayıplarını da minimize eder. Ayrıca, verimlilik artışı ve güvenli çalışma ortamının sağlanması, işletmelerin üretim kapasitesini ve karlılığını artırır.

Projenin Ar-Ge niteliği, fabrikalardaki dinamik ve karmaşık çalışma ortamlarına uyum sağlayabilen, esnek ve ölçeklenebilir bir yapıda olmasıdır. Geliştirilen yapay zeka modeli, çalışma koşullarına göre daha doğru sonuçlar vermesi açısından zaman içerisinde toplanan veriler ile optimize edilir.

Türkiye'deki Ar-Ge çalışmaları göz önünde bulundurulduğunda, bu proje yerli sanayi ve teknoloji gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır. Proje, sadece güvenlik alanında yenilik getirmekle kalmayıp, aynı zamanda Türkiye'nin dijital dönüşüm sürecine de katkıda bulunur. İleri seviye teknolojilerin entegrasyonu, yerli ve milli üretim kabiliyetlerini artırarak, dışa bağımlılığı azaltır ve ekonomik kalkınmayı destekler.

KAYNAKLAR

Aylak B.L., Oral O., Yazıcı K., El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi, Vol: 8, No: 1, 2021 (74-93) <https://doi.org/10.31202/ecjse.776314>

Malik S., Muhammad K., Waheed Y., Ain Shams Engineering Journal, 15(2024) 102886 <https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.102886>

VR ve MR Teknolojilerini Kullanarak Çalışan Eğitiminde Verimlilik ve Güvenliği Artırma

*Onur Ağca, Karmetal, Gökhan Atalı, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ulaş Birgül, Kar Metal*

agcaonr@gmail.com, gatali@subu.edu.tr, ulasbirgul@karmetal.com.tr

ÖZET

Bu çalışma, sanal gerçeklik (VR) gözlüğü ile karma gerçekliği (MR) birleştirerek üretim hattının ve çalışanların kalitesini, verimliliğini ve güvenliğini tehlikeye atmadan öğrenme ve eğitimlerinin gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. MR deneyimi, kullanıcıya sanal varlıkların eklendiği gerçek bir ortamda ya da gerçek dünya unsurlarıyla zenginleştirilmiş sanal bir ortamda yerleştiren bir etkileşimli ortamdır. Bu ortamın oluşturulmasında kullanım kolaylığı ve VR geliştirme ortamının çeşitliliği nedeniyle Unity oyun motoru tercih edilmiştir. Grafik ve fizik motoru sayesinde gerçekçi görüntü ve fiziklerin oluşturulup simüle edilmesinde kullanıcı dostu bir ortam sağlamaktadır. Burada temel prensip üretim hattındaki bir çalışanın sorumlu olduğu iş bölümünün veya kullandığı araç ve makinelerin dijital ikizlerini oluşturarak sanal ortamda belirli senaryolarda bu araç ve makineleri kullanarak eğitim verilmesidir. Benzer durumlar için farklı senaryolar oluşturulup kullanıcıya sürekli aynı senaryoyu göstermeyerek ezbere hareket etmesi engellenmiştir. Oluşturulan bu sanal ortamlar yüksek etkileşim ile oluşabilecek durumlara gerçekçi tepkiler verebilmesi için dinamik ve fizik tarafı özenle ayarlanmıştır. Her bir parçanın yüzey alanları, kütlesi, sürtünme katsayısı vb. gibi özellikleri belirtilerek gerçekçi fiziksel olaylar simüle edilmektedir. Meta Interaction SDK ve Quest 3 gözlüğü kullanarak, çalışanların sanal gerçeklik gözlükleri aracılığıyla bu dijital ikizlerle etkileşime geçmelerini sağlanmaktadır. Birbirlerine göre avantajlı oldukları durumları sebebiyle kontrolcü ile veya el takibi yaparak sanal ortam ile etkileşime geçilmektedir. Kontrolcü istenilen düzeyde ve aralıktaki titreşim verebildiği için hissiyatı arttırmaktadır. Ancak etkileşimler el takibine göre daha sınırlı olmaktadır. El takibinde ise daha dinamik bir etkileşim sağlanmaktadır ancak hissiyat olarak kontrolcüye göre daha zayıf kalmaktadır. Bazı etkileşimlerin dinamik olarak değişmesi için SDK içerisinde sunulan temel etkileşimlere ek olarak yeni algoritmalar oluşturularak kodlanmıştır. Dijital ikiz ve etkileşimlere ek olarak kullanıcının görevi ne kadar sürede yaptığı bu süre içerisinde ne kadar hata yaptığı gibi durumların takip edilip algoritma tarafından analiz ederek eğitim sonunda rapor olarak sunulmuştur. Böylece eğitim süresince kullanıcının durumu ve ne kadar ilerleme katettiğinin takibi ve karşılaştırması yapılabilmektedir. Kullanıcıların VR gözlüğüne alışma süreleri haricinde yapılan testler sonucu elde edilen raporlarda verilen senaryolarda kullanıcıların giderek daha az hata ve daha kısa sürelerde işi yaptığı sonucu ortaya çıkmıştır. Ayrıca karma gerçeklik sayesinde gerçek görüntüyü gördükleri için herhangi bir iş kazası meydana gelmemiştir. Sonuç olarak bu çalışma, Sanal gerçeklik ve karma gerçeklik kullanılarak çalışan eğitimlerinin verimli ve güvenli bir şekilde yapılabileceği konusunda önemli bir katkı sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: sanal gerçeklik, karma gerçeklik, dijital ikiz, fizik motoru, sanal gerçeklik gözlüğü

GİRİŞ

Endüstri 4.0 kavramı (aynı zamanda dördüncü sanayi devrimi olarak bilinir), Almanya hükümetinin üretim sektöründe dijitalleşmeyi desteklemeyi amaçlayan bir strateji doğrultusunda ortaya çıkmıştır. Bu kavram, üretim süreçlerinin geleneksel yöntemlerden uzaklaşarak tamamen bağlantılı ve dijital olarak yönetilen bir yapıya dönüşmesiyle sağlanabilecek büyük faydaları ifade eder [1]. Bu dönüşüm, siber-fiziksel sistemler olarak adlandırılan bir süreçle gerçekleştirilir ve Endüstri 4.0'ın temel teknolojileri olan otonom robotlar, simülasyon, sistem entegrasyonu, Nesnelerin İnterneti (IoT), siber güvenlik, bulut bilişim, eklemeli üretim, artırılmış gerçeklik, büyük veri ve analitikler ile 5G ağları gibi yenilikler sayesinde mümkün hale gelir [2]. Günümüz üretim çalışanları, fiziksel üretim süreçlerinin arkasındaki dijital bilgileri takip etmekte başlangıçta zorlanacaklardır. Dijital mekanizmaların görünmez yapısı bu zorluğu daha da artırmaktadır [1]. İmalat ve elektronik mühendisliği gibi meslekler, çalışanların yeni taleplerle baş edebilmesi için bilgisayar bilimleri ile disiplinler arası yetkinlikler kazanmalarını gerektirir. Örneğin, bir fabrikada siber-fiziksel sistemlerin (CPS) uygulanması, klasik üretim mühendisliği bilgisine ek olarak internet, sensör ve bilgi teknolojileri konularında da uzmanlık gerektirir [2]. Bu nedenle, yenilikçi ve uygun bir eğitim kaçınılmazdır. Geleneksel eğitim yöntemleri, genellikle zaman alıcı, maliyetli ve teorik bilgilerin pratik uygulamaya dönüşmesinde yetersiz kalmaktadır. Bu bağlamda, sanal gerçeklik (VR) ve karma gerçeklik (MR) gibi ileri teknolojiler, endüstriyel eğitim süreçlerinde devrim yaratma potansiyeline sahiptir [3]. VR ve MR teknolojileri, kullanıcıları tamamen dijitalleştirilmiş ve etkileşimli ortamlara taşıyarak, gerçek dünya senaryolarının sanal simülasyonlarını sunar. Özellikle Unity gibi güçlü bir oyun motoru kullanılarak geliştirilen VR ve MR uygulamaları, eğitim materyallerini daha erişilebilir, etkili ve ilgi çekici hale getirmektedir. Meta'nın Quest 3 gözlüğü gibi ileri seviye donanımlar ise, bu teknolojilerin potansiyelini en üst düzeye çıkararak kullanıcıya yüksek düzeyde bir deneyim sunar [4].

LİTERATÜR TARAMASI

Geleneksel öğretim yöntemleri, kağıt tabanlı öğrenim materyallerinden daha etkileşimli ve bilgisayar destekli çözümlere doğru bir değişim geçiriyor. Bu bağlamda, Knierim (et al. 2020) çalışmasında Karma Gerçeklik (MR) sistemlerinin eğitim sektöründe nasıl yeni zorluklar ve fırsatlar sunduğunu tartışmıştır. Yazarlar, karma gerçekliklerin daha karmaşık öğrenim materyallerini anlaşılır kılma potansiyeline sahip olduğunu vurgulayarak, MR ortamlarının yakın gelecekte daha geniş bir kitleye ulaşmasını beklediklerini ifade etmiştir. Ayrıca, pedagojik ve teknik zorlukların yanı sıra kişiselleştirilmiş, geliştirilmiş ve yaygın öğrenme seçeneklerine dair önemli gözlemler sunmaktadır.

Diğer taraftan, Sala (2021) "Virtual Reality, Augmented Reality, and Mixed Reality in Education: A Brief Overview" başlıklı çalışmasında, sanal gerçeklik (VR), artırılmış gerçeklik (AR) ve karma gerçeklik (MR) teknolojilerinin çeşitli öğretim ve öğrenme ortamlarındaki uygulamalarını ele almıştır. Yazar, bu teknolojilerin eğitimdeki rolünün, öğretim yöntemlerini etkilemek, desteklemek ve geliştirmek suretiyle eğitim sürecini güçlendirdiğini ve yeni öğrenme yolları geliştirmeye yardımcı olduğunu vurgulamaktadır. Öğrencilerin bu teknolojiler aracılığıyla kendi sanal öğrenme dünyalarını tasarlayabildiği belirtilmiştir (Jacka & Booth, 2019). Ayrıca, bu teknolojilerin son zamanlarda robotikteki uygulamaları da dikkat çekmektedir; Sanal, Artırılmış ve Karma Gerçeklik (VAM) İnsan-Robot Etkileşimi (VAM-HRI) için kullanılmaktadır. Sanal gerçeklik, etkileşimli robotların geliştirilmesi, yeni artırılmış

gerçeklik arayüzlerinin tasarımı ve insanların robotlarla iletişimini sağlama konularında önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır (Williams et al., 2018, 2019).

Tang (et al. 2020) ise, Hong Kong'daki bir üniversitede karma gerçeklik destekli öğrenme tasarımının etkinliğini değerlendiren bir araştırma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, $N = 72$ öğrenci gönüllü olarak katılmış ve öğrenciler rastgele iki gruba atanmıştır. Deney grubunda 44 öğrenci HoloLens desteği ile, kontrol grubunda ise 28 öğrenci geleneksel materyallerle eğitilmiştir. Araştırma sonuçları, deney grubunun model görselleştirme, geometrik analiz ve yaratıcılık gibi değerlendirme bileşenlerinde kontrol grubuna göre daha yüksek puanlar aldığını göstermiştir. Özellikle, geometri analiz (ortalama fark = 4.36, $p = 0.01$) ve yaratıcılık (ortalama fark = 1.59, $p = 0.033$) alanlarında deney grubunun becerilerinin önemli ölçüde geliştiği bulunmuştur. Ayrıca, HoloLens ile eğitim alan öğrencilerin genel performanslarının, geleneksel notlarla eğitim alan öğrencilere kıyasla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Çalışma, karma gerçeklikte teknolojilerinin öğrenme deneyimini geliştirme potansiyelini ortaya koymaktadır. Guo (2021) tarafından gerçekleştirilen "Learning in a Mixed Reality System in the Context of 'Industrie 4.0'" başlıklı çalışmada ise, sanayi 4.0 bağlamında üretimin gelişiminin, normal çalışanların sahip olduğu yetkinliklerden farklı beceriler gerektirdiği belirtilmiştir. Karma gerçeklik sistemlerinde öğrenmenin, hem pedagojik hem de teknik açıdan zorluklarla karşı karşıya kaldığı ifade edilmiştir. Ancak, karma gerçeklik sistemlerinin Ausbildung 4.0 kapsamında gelişim ve iyileştirme fırsatları sunduğu ve mevcut öğrenme yöntemlerinin kısıtlamalarını aşarak mesleki eğitimin ufkunu genişlettiği sonucuna ulaşılmıştır. Karma gerçeklik sistemleri, güncel öğretim becerileri ve öğrenim materyalleri ile yenilikçi ve yaratıcı bir ortam sunmakta ve öğrencilerin öğrenme motivasyonunu artırmaktadır. Gelecek araştırmalar, karma gerçeklik öğrenme sistemlerinde öğrencilerin öğrenme motivasyonunu ve bu motivasyonu artıran çevresel etmenleri ampirik olarak incelemeye odaklanacaktır.

Sonuç olarak, karma gerçeklik sistemlerinin eğitim alanında sağladığı fırsatlar ve karşılaşılan zorluklar, bu teknolojilerin gelecekteki potansiyelini artırmaktadır. Bu çalışmalar, eğitimde karma gerçeklik uygulamalarının etkisini ve önemini vurgulamakta ve eğitim sürecine olan katkılarını ortaya koymaktadır.

SİSTEM TASARIMI VE UYGULAMA GELİŞTİRME

Bu proje, bir şerit testere makinesinin kullanımını ve bakımını öğretmek amacıyla bir MR uygulaması geliştirilerek başlatılmıştır. Projede, katılımcıların yeteneklerini ve verimliliklerini artırmak için geliştirilen uygulama üzerinden çeşitli öğrenme ve eğitim yöntemleri uygulanmıştır. Katılımcılar, bir şerit testere makinesinin bir parçasının sökülmesi ve montajına ek olarak makinenin kullanılmasına yönelik bir öğrenme ve eğitim sürecini tamamlamakla görevlendirilmiştir.

Uygulamanın Geliştirme Aşamaları

Şerit testere makinesinin MR uygulamasına aktarılması için belirli adımlar izlenmiştir. Bu adımla rmodelin bozulmadan uygulama içerisine aktarılmasını, grafiklerin ayarlanmasını kullanıcı arayüzünün oluşturulmasını, etkileşime geçilebilecek hale getirilmesini içermektedir. Kullanılan programlar, araçlar ve uygulanan adımlar aşağıda detaylandırılmıştır:

1. Şeri ttestere makinesi Solid Works ile modellenmiştir. Bu da tasarımcının kaliteli bir tasarım oluşturmasını sağlamıştır. [4]
2. Model Solid Works'ten step formatında çıktı alınıp AutoDesk Invenor program ile Unity'ye aktarılacak format olan obj formatına çevrilmiştir.
3. Dönüştürülen model projeye eklendikten sonar Unty'de MR ortamının ve kontrollerinin oluşturulması için Meta tarafından sunulanMeta XR All-in-One SDK paketi projeye yüklenmiştir. Bu paket ile kullanıcının el takibi ve objeler ile etkileşimini sağlamak amaçlanmıştır.
4. MR ortamı oluşturulduktan sonar makinenin fizikleri oluşturulup birbirine tahrik veren parçalara yarlanarak makinenin dijital ikizi oluşturulmuştur.
5. Kullanıcının etkileşime geçebileceği bölümler ayarlandıktan sonar kullanıcının performansın ölçmek için gerekli algoritmalar oluşturulup kullanıcının arayüzünd gösterilecek ve eğitim sonrasında analiz için kaydedilecek şekild eayarlanmıştır.
6. Bu adımlardan sonar sanal gerçeklik gözlüğünde uygulamanın buildi alınarak kullanıma hazır hale getirilmiştir.

TEST AŞAMASI

Test aşaması, geliştirilen karma gerçeklik (MR) uygulamasının etkinliğini ve kullanıcı deneyimini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada, belirlenen kullanıcı gruplarıyla uygulamanın işlevselliği, kullanıcı arayüzü ve öğrenme çıktıları üzerinde çeşitli testler yapılmıştır.

Test Süreci

Test aşamasına, çalışanlardan oluşan 10 katılımcı dahil edilmiştir. Bu katılımcılar, AR uygulamasını kullanmadan önce ve sonar yapılan anketlerle deneyimlerini paylaşmışlardır.

Katılımcılara, uygulamanın sunduğu eğitim materyallerini kullanarak belirli görevleri tamamlamaları için senaryolar verilmiştir. Örneğin, şerit testere makinesi ile parça kesimi yapmaları ve belirli parçaların montaj uygulamalarını yapmaları istenmiştir. Her katılımcının uygulama ile etkileşimi, belirlenen görevleri tamamlama süreleri ve başarı oranları gözlemlenmiştir. Bu gözlemlene sonuçlarına göre katılımcıların sanal gerçeklik gözlüğüne alışma süreçleri gözardı edildiğinde verilen senaryoları uyguladıkça işlemleri yapma sürelerinde azalma ve hatalarda azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Elde edilenveriler, MR uygulamasının geleneksel eğitim yöntemleriyle karşılaştırmalı etkinliğini anlamak için kullanılmıştır. Ayrıca, katılımcıların sağladığı geribildirimler, uygulamanın kullanıcı deneyimini geliştirmek için önerilers unmuştur.

Katılımcılardan gelen geribildirimler, MR uygulamasının daha da geliştirilmesi için kritik bilgiler sağlamıştır. Özellikle, kullanıcı arayüzündeki bazı unsurların daha sezgisel hale

getirilmesi, başlangıçta daha fazla yönlendirme olması ve eğitim içeriklerinin daha kapsamlı olması gerektiği vurgulanmıştır. Bu geribildirimler doğrultusunda, uygulama üzerinde düzenlemeler yapılmış ve sonraki aşamalarda test edilmek üzere güncellemeler planlanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] N. P. J. A. Dimitris Mourtzisa, Integration of Mixed Reality to CFD in Industry 4.0: A Manufacturing Design Paradigm, Rio Patras: ScienceDirect, 2022.
- [2] T. Z. M. M. J. W. M. B. S. R. S. T. M. A. S. Fabian Holly, Gaining Impact with Mixed Reality in Industry – A Sustainable Approach, Viyana: Vienna University of Technology.
- [3] K. S. D. G. Fabian Quint, 2015 International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education A Mixed-reality Learning Environment, Trippstadterstr: ScienceDirect, 2015.
- [4] T. K. M. H. S. Pascal Knierim, Challenges and Opportunities of Mixed Reality Systems in Education, Munich: Veröffentlicht durch die Gesellschaft für Informatik e. V., 2018.
- [5] Q. Guo, Learning in a Mixed Reality System in the Context of ‘Industrie 4.0’, Stuttgart: Journal of Technical Education (JOTED).
- [6] I. D. P. D. Joz'e Duhovnik, Space Modeling with SolidWorks and NX, Slovenia: Springer International Publishing, 2015.
- [7] A. S. A. S. S. M. K. A. M. A. & M. F. A.-H. Faieza Abdul Aziz, Mixed Reality Improves Education and Training in Assembly Processes, Selangor: ITB Institute for Research and Community Services, 2020.

YENİ MALZEME

Yağ-Yakıt Filtresi Metal Kovanlarında Poliester Toz Boya Yerine Epoksi-Poliester Özellikli Toz Boya Kullanımının Araştırılması

Mehmet Özdemir¹, Hasan Canımoğlu¹, Eylül Büşra Tapanyığıt¹
¹Şampiyon Filtre Pazarlama Sanayi ve Ticaret A.Ş. Ar-Ge Merkezi

mehmetozdemir@sampiyonfilter.com.tr, hasancanimoglu@sampiyonfilter.com.tr,
eyultapanyigit@sampiyonfilter.com.tr

ÖZET

Mikron boyutundaki reçinenin yüzeye uygulanıp ısıtılması işlemine toz boyama denmektedir. Toz boya kaplama, diğer kaplama yöntemlerine göre enerji maliyetlerinin düşük, malzeme kayıplarının az ve iş gücü ihtiyacının düşük olması gibi avantajlar sunar. Bu çalışma kapsamında, mevcut proseste kullanılan poliester toz boyaya alternatif olarak epoksi-poliester toz boyanın filtre metal kovanlarında kullanımı incelenmiştir. Çalışmada, boya sarfiyatının azaltılması ve aşırı boya kalınlığından kaynaklanan görsel sorunların ortadan kaldırılması hedeflenmiştir. Poliester ve epoksi-poliester toz boyalarla kaplanmış metal kovanların korozyon dayanıklılığı ve kaplama kalınlığı uygunluğu değerlendirilmiş, sonuçlara göre epoksi-poliester toz boyanın kullanımı ile boya sarfiyatı azalmış ve görsel uygunsuzluklar ortadan kaldırılmıştır.

Anahtar kelimeler: toz boya, poliester, epoksi-poliester, film kalınlığı, yağ-yakıt filtresi, metal kovan

GİRİŞ

Korozyon, farklı endüstriyel alanlarda ciddi bir sorun teşkil etmektedir.¹ Koroziyon türlerine karşı bariyer oluşturan kaplamalar metal koruması için pratikken, organik kaplamalar yüksek üretilebilirlikleri ve çok işlevlilikleri sayesinde iyi bir şekilde uygulanmayı vaat etmektedir.² Toz sprey kaplamaların birincil uygulaması, çizilme direnci, korozyon direnci vb. özellikleri iyileştirmek için farklı ürünlerin yüzey iyileştirmesi içindir.³ Toz boya; mikron boyutuna getirilen, solvent madde içermeyen, reçine gibi katı ham maddelerden meydana gelen bir boya çeşididir. Toz boya kaplama çelik kapı imalatı, aydınlatma sanayi, tarım araçları, makine sektörü, otomotiv sanayi ve filtre sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır.⁴ Günümüzde termoplastikler ve termosetler olmak üzere iki tip toz boya bulunmaktadır. Epoksi toz boyalar geniş aralıkta formülasyon özgürlüğüne sahip olmalarından dolayı hâlâ en önemli termoset toz boyalardır. Yapışması mükemmel olan yüksek parlaklık ve yumuşak yüzey veren boyalardır. Epoksi boyalar kimyasallara, çözücülere ve kükürt dioksitli atmosfere mükemmel direnç gösterirler. Polyester toz boyaların dış şartlara dayanımları mükemmeldir. Ultraviyole ışığa ve ısıya karşı dirençleri yüksektir. Fakat kimyasal dirençleri epoksilere göre daha düşüktür. Epoksi-Polyester boyalar, epoksi boyaların yüksek kimyasal ve mekanik dayanım özellikleri ile polyester boyaların mor ötesi (UV) ve sararma direnci arasında bir orta yoldur. Bütün bu özellikleri bünyesinde bulunduran, ancak bu özellikler epoksi veya polyesterin ayrı ayrı sahip olduğu kadar iyi değildir.⁵ Poliester toz boya uygulama süreci Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 10 Poliester Toz Boya Uygulama Süreci

İçten yanmalı motorlarda kullanılan yağ-yakıt filtrelerinin metal kovanlarında kapaticılık, parlaklık, korozyona karşı koruma ve mekanik dayanım ihtiyaçlarını karşılamak ve son kullanıcı tarafından talep edilen özelliklerin sağlanabilmesi için farklı renkler de poliester özellikli boya kullanılmaktadır. Farklı poliester boya çeşitleri Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 11 Farklı Renklerde Boyanmış Spin-on Filtreler

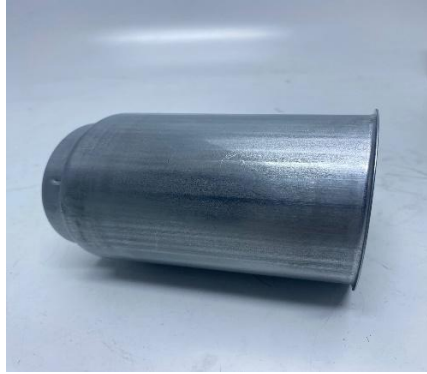
Çalışma kapsamında, mevcut proseste kullanılan poliester toz boyaya alternatif esneklik özelliği iyi olan, darbe ve ışık dayanımı gibi pek çok teknik özelliği bulunan, sarfiyat ve maliyet noktalarında avantaj sağlayan epoksi-poliester toz boyanın filtre metal kovanlarında kullanımı incelenmiştir. Filtre metal kovanları, bor yağı kullanılarak derin çekme yöntemi ile nihai hallerine getirilmektedir. Boyaların en zor koşullardaki performanslarının tespit edilmesi için derin çekme işlemi sonrasında en yağlı ürün grubu seçilerek çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Toz boya uygulaması sırasında kat kalitesi çok önemli olduğundan, kaplama kalınlığı kontrolü önemli bir parametre haline gelmektedir çünkü aşırı toz birikimi malzeme kaplamasını artıracak ve düşük kalınlık atmosfere maruz kalmaya ve sonuç olarak korozyona, paslanmaya yol açacaktır.³Bu kapsamda epoksi-poliester boyanın uygulandığı yüzeylerde kaplama kalınlığı kontrolü, tuz-korozyon testi, tarak testi ve görsel kontrol testleri gerçekleştirilerek mevcut boyanın uygulandığı yüzeyler ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmada poliester boya ve epoksi-poliester boya karşılaştırılmalı olarak kullanılarak denemeler gerçekleştirilmiştir. Zor koşullardaki performansını incelemek adına ölçüsel boyutları sebebiyle derin çekme işleminde mevcuda göre daha fazla yağ kullanılarak üretilen spin-on tip filtrelerimizin metal kovanlarına boyama işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 12 Yağlı Spin-On Metal Kovan

Yöntem

Mevcut boyahane prosesindenozzle ile metal kovan arası mesafe 30 cm, boya püskürtme basıncı 4,5 bar, statik basınç 4.5 bar ve yardımcı hava basıncı olmaksızın elektrostatik olarak uygulama yapılmaktadır.

Seçilen epoksipoliester toz boya uygulaması için nozzle ile metal kovan arası mesafe 30-40-50 cm (sırasıyla pozisyon 1-2-3), boya püskürtme basıncı 3-4,5 bar, statik basınç 4,5 bar ve yardımcı hava basıncı 0-1 bar aralığında değişecek şekilde 9 farklı deneme gerçekleştirilmiştir.

Boyanan filtrelerin kalitesel uygunlukları aşağıdaki testler ile belirlenmiştir.

- ASTM B117-07 standardına göre Tuz Korozyon Testi,
- ASTM D3002/ASTM D3359/ DIN EN ISO 2409 standartlarına göre Cross Cut Testi (Tarak Testi)

Bu testler ile hem korozyon dayanıklılığı hem de kaplama kalınlığı uygunluğu ölçülmüştür.

Metal kovanlara boya yapıldıktan sonra, tuz korozyon testine dayanıklılık, az boya sarfiyatı ile uygun kapaticılık, boyadan sonraki süreçteki serigrafî hattına uygunluk, yüksek darbe direnci, 35 mikron kalınlıkta kapaticılık özelliğinin bulunması, esneklik özelliği ile boyanan kovanlarda çatlama vs. görülmemesi, ışık direnci dayanımının olması beklenmektedir.

SONUÇLAR

Mevcut boyahane şartlarında poliester toz boya ile gerçekleştirilen metal kovan boyama işlemi sonrasında 3 farklı noktada gerçekleştirilen film kalınlığı ölçüm sonuçları incelendiğinde; 57, 68 ve 74 mikron gibi farklı değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Yani boyanın metal kovan üzerinde homojen bir dağılım göstermediği ve kalite standartlarınca belirlenmiş kalınlık kriterinin dışında kaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 13 Poliester Toz Boya ile Boyanan Metal kovan Mikron Oranları

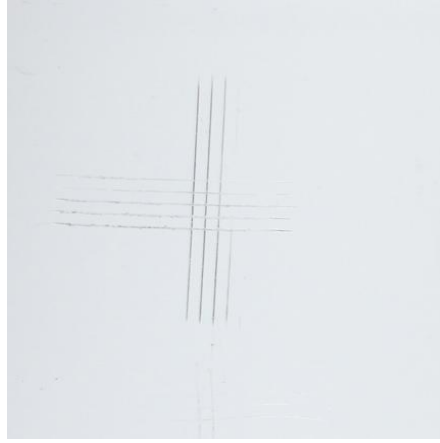
Deneme	Boya Püskürtme Basıncı (bar)	Yardımcı Hava Basıncı (bar)	Statik Basıncı (bar)	Pozisyon	Boya kalınlığı (Micron)	Uygunluk	Boya Firesi (%)	Açıklama
1	4,5	0	4,5	1	60	Tarak testinde pullanma (ASTM 0B)	<1	—
2	3	0	4,5	1	45	Tarak testinde pullanma (ASTM 1B)	<1	—
3	3	1	4,5	1	40	UYGUN (ASTM 4B)	<1	—
4	4,5	0	4,5	2	40	UYGUN (ASTM 4B)	<1	—
5	3	0	4,5	2	35	UYGUN (ASTM 5B)	<1	>%1
6	3	1	4,5	2	22	Tuz/korozyon testinde pas	<1	—
7	4,5	0	4,5	3	30	Tarak testinde pullanma (ASTM 2B)	12.8%	25 Kg da 3,2 kg fire vardır.
8	3 bar	0	4,5 bar	3	40	Tarak testinde pullanma (ASTM 3B)	12%	25 Kg da 3 kg fire vardır.
9	3 bar	1 bar	4,5 bar	3	28	Tarak testinde pullanma (ASTM 4B)	17,5%	25 Kg da 4,4 kg fire vardır.

Tablo 1 Epoksi-Polyester Boya ile Gerçekleştirilen Çalışmalar

Sonuçlar incelendiğinde; Tablo 1’de görüldüğü üzere 5. Deneme de 40 cm mesafeden epokspoliester boya kullanılarak yapılan işlemde boya püskürtme basıncının 3 bar, yardımcı hava basıncının 0 bar ve statik hava basıncının 4,5 bar olduğu ölçülerde metal kovan kapaticılığının görsel olarak kabul edilebilir olduğu belirlenmiştir. Bu koşullarda gerçekleştirilen boyama sonucu metal kovan film kalınlığı 35 mikron olarak ölçülmüştür. Numune üretimi sonrası uygulanan koruyucu kaplamanın korozyon direncinin tuz sisi altında gözlemlenmesi ve kalitesel problemleri tespit etmek için 160 saat süren tuz-korozyon testi sonucunda ürün üzerinde kırmızı/ beyaz pas oluşumu gözlemlenmemiştir.



Şekil 14 Epoksi-Poliester Toz Boya ile Boyanan Metal Kovan Mikron Oranları



Şekil 15 Metal Kovan Tarak Testi

Boyanın yapışma kuvvetini test etmek için kare kesitler şeklinde metal kovan yüzeyine çizikler yapılarak uygulanan tarak testi sonucunda kafesin karelerinin hiçbirisi birbirinden ayrılmadığı ve kesim kenarlarının tamamen pürüzsüz olduğu görülmüştür.

TARTIŞMA

Mevcut proseste kullanılan poliestер boyanın kalite standartlarına uygun olması için 60 mikron kalınlığında uygulanması gerekmektedir. Bu durumda boya sarfiyatı metal kovan başına 8,6 g olmaktadır. Çalışma konusu olan epoksipoliester boya ile yapılan uygulamalarda 35 mikron kalınlığında kalite standartlarına uyum sağladığı belirlenmiştir. Bu kalınlığın elde edilmesi için kullanılan boya sarfiyatı metal kovan başına 4,7 g'a düşmüştür.

Sonuç olarak bu çalışma sayesinde uygun kapaticılığın sağlanması için gerekli boya sarfiyatlarının önüne geçilmiş, boya kalınlığının fazla olması nedeniyle metal kovanlarda meydana gelen görsel uygunsuzluklar (örn: çatlaklar vb.) ortadan kaldırılmıştır. Poliester toz boyadan epoksi-poliester toz boya kullanımına geçilmesiyle metal kovan başına kullanılan boya miktarı neredeyse %50 oranında azaltılmış, maliyet anlamında ise %23 oranında kazanç sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

1. Abd El-Ghaffar, MA et al.,(2000). “Polyester-epoxyresin/conducting polymer/bariumsulfatehybrid composite as a smart eco-friendly anti-corrosive powder coating” ,Prog.Org.Coat. 144, 1-11.
2. Ou, Zijing et al.,(2024). “Synthesizing a novelcerium-modified graphene powder to achieve long-term anticorrosion performance of epoxy powder coatings”, Prog.Org.Coat. 195, 1-16
3. Karidkar, S., Mali, R.,(2016). “Optimization of Powder Spray Process Parameter susing Taguchi Methodology”, Advances in Intelligent Systems Research. Vol. 137, 71-76.
4. Pulver,Toz Boya, <https://pulver.com.tr/toz-boya/>
5. Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2012. “ELEKTROSTATİK TOZ BOYAMA İÇİN YÜZEY HAZIRLIĞI”, 1-35.

Unlu Mamullerde Sodyum Azaltma Çalışmaları

Hasret Beyza Pınar Hocaşade, Şölen Çikolata

beyza.hocazade@solen.com.tr

ÖZET

Proje ile mevcut ürünlerde reçetelerin sodyum açısından iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Proje kapsamında hedeflenen unlu mamul ürünlerinde; tuz, süt ve süt ürünleri, bazı kabartma ajanları, stabilizörler ve kıvam arttırıcılar gibi sodyum içeren hammaddeler için miktar çalışmaları yapılacaktır. Bu çalışmalardan önce, öncelikli iyileştirme çalışmalarının hangi ürünlerde yapılacağına; mevcut sodyum miktarlarına bakılması ile karar verilecektir. İyileştirilecek olan reçetelerin girdileri kontrol edilecek; mevcut hammaddelerin sodyum artışını destekleyip desteklemediği araştırılacaktır. Yapılacak olan çalışma, hammadde literatür araştırmalarını da kapsamaktadır. Hangi hammaddenin ne denli sodyum getirisi sağladığı, makalelerce okunmalı ve tespit edilmelidir. Gıdalarda sodyum kaynakları, gıdanın bileşiminde yer alan sodyum, gıdaya eklenen diğer bileşenler (emülgatörler, hamur kabartıcılar, kimyasal koruyucular vb.) ve dışarıdan eklenen sodyum klorür olmak üzere üç başlık altında toplanabilir. Gıdalardaki başlıca sodyum kaynağı ise daha çok sofrata tuzu olarak bilinen sodyum klorürdür ve insan diyetindeki sodyumun yaklaşık %90'ını oluşturur. Gıda işlemede önemli bir bileşen olan sodyum klorür, tat maskeleyici, lezzet arttırıcı, tekstürel özellikleri iyileştirme ve koruyucu özelliğinden dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır. Mevcut unlu mamul ürünlerimizde yapmayı planladığımız sodyum azaltma çalışmasında ilk olarak mevcut sodyum değerlerine bakılacaktır. Mg/kg cinsinden verilen bu değerler için, mevcut üst limitli mamuller belirlenecektir. Gerekli bilgilerin toplanması ile öncelik verilen reçetelerde çalışmalar yapılacaktır. Reçete çalışmaları ile, laboratuvar şartlarında denemelere başlanacaktır. Deneme reçetesine ait numuneler, mevcut numuneler ile karşılaştırmalı tadım analizleri yapılacaktır. Mevcut numuneden sodyum azaltma çalışması dışında farklılaşma görmek istenmemektedir. Görsel algıyı yitirmeden bu çalışmaların yapılması önemli bir husustur. Daha sonra, mevcut ve deneme numuneler için sodyum tayini yapılacaktır.

Ek olarak, günümüzde fazla tüketimi ile insan sağlığını olumsuz etkileyen sodyum, özellikle kan basıncı ve kalp-damar hastalıkları riskini taşıyan bireyler için önemli bir unsurdur. Sodyum tüketiminin artması ile, vücudun sıvı tutma kabiliyeti artmaktadır. Sıvı miktarının artması ile kan hacmi artar ve bu durum kan basıncının artmasına sebebiyet verir. Kan basıncının yükselmesi kalp-damar rahatsızlıklarını, felç ve böbrek gibi hastalıkların riskini arttırmaktadır. Yüksek sodyum alımı, kemik sağlığını da olumsuz etkilemektedir. Sodyum miktarının artması, kalsiyum atılımını arttırabilir. Bu durum zamanla kemik yoğunluğunun azalmasına ve osteoporoz riskinin artmasına sebebiyet vermektedir. Yine yapılan bazı araştırmalarca, yüksek sodyum alımının mide kanser riskini arttırdığını göstermektedir. İnsan sağlığını bu denli olumsuz etkileyen sodyumun azaltılması, Şölen için bu projede önemli bir etkidir. Tüketicilerin sağlığı, bu projenin en önemli özelliklerindendir. Proje, sağlık açısından ürünün gelişimini sağlayacak olup, görüntü ve tattan ödün verilmeyerek sağlık adımıyla iyileştirme sağlamış olacaktır. AR-GE çalışmaları sonucunda, iyileştirilecek unlu mamul ürünleri, hem yurtdışında hem de yurtdışındaki markalarımız ile pazara sunulacaktır.

Anahtar Sözcükler: sodyum, sağlık, analiz, reçete, unlu mamul

GİRİŞ

Proje ile mevcut ürünlerimizde reçetelerin sodyum açısından iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Proje kapsamında hedeflenen unlu mamul ürünlerinde; tuz, süt ve süt ürünleri, bazı kabartma ajanları, stabilizörler ve kıvam arttırıcılar gibi sodyum içeren hammaddeler için miktar çalışmaları yapılacaktır. Bu çalışmalardan önce, öncelikli iyileştirme çalışmaları hangi ürünlerde yapılacağına, mevcut sodyum miktarlarına bakılması ile karar verilecektir. Mevcut sodyum miktarlarını tayin edebilmek adına, mamullere akredite laboratuvarlarda sodyum analizi yaptırılacaktır. Daha sonra iyileştirilecek olan reçetelerin girdileri kontrol edilecek ve mevcut hammaddelerin sodyum artışını destekleyip desteklemediği araştırılacaktır. Gıdalarda sodyum kaynakları, gıdanın bileşiminde yer alan sodyum, gıdaya eklenen diğer bileşenler (emülgatörler, hamur kabartıcılar, kimyasal koruyucular vb.) ve dışarıdan eklenen sodyum klorür olmak üzere üç başlık altında toplanabilir. Gıdalardaki başlıca sodyum kaynağı ise daha çok sofrata tuzu olarak bilinen sodyum klorürdür ve insan diyetindeki sodyumun yaklaşık %90'ını oluşturur. Gıda işlemede önemli bir bileşen olan sodyum klorür, tat maskeleyici, lezzet arttırıcı, tekstürel özellikleri iyileştirme ve koruyucu özelliğinden dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır. Sofrata tuzu hem en önemli sodyum girdisi olduğundan hem de mamuller için tekstür ve lezzet açısından kritik bir girdi olduğundan üzerinde yapılacak miktar çalışması hassas olmalıdır. Yapılacak olan sodyum çalışması, mamulün standart karakteristik özelliklerini değiştirmemelidir.

Projeyi Belirleyen Unsurlar Nelerdir?

Pazardaki mevcut unlu mamul ürünlerimizde yapacak olduğumuz bu iyileştirme ile müşteri memnuniyetini arttırmak ve bunun beraberinde, tüketicilerimizle buluşturduğumuz ürünlerimizde sağlık farkındalığını arttırmak projemizi belirleyen temel unsurlardan olmuştur. Ayrıca mevcut ambalajlarımızda bu iyileştirmeyle de claim eklemesi yapılabilecektir. Bu iyileştirme ile tüketicilerin seçenekleri arttırılacak ve ürün seçiminde farkındalık artacaktır. Bu süreç, mevcut ürünlerin tüketimini sağlayan tüketicilerin kronik hastalıkların riskinin azaltılmasında ufak da olsa destek sağlayabileceğinden ve tüketicilerin günümüzde etiket okumalarında dikkatini çekeceği düşünülerek başlatılmıştır. Müşteri memnuniyeti Şölen'in temel prensibi olduğundan, ürün bazında Ar-Ge çalışmaları ile iyileştirilmelere başlanacaktır.

Proje Kapsamında Yapılan/Yapılacak Faaliyetler Nelerdir?

Mevcut unlu mamul ürünlerimizde yapmayı planladığımız sodyum azaltma çalışmasında ilk olarak mevcut sodyum değerlerine bakılacaktır. mg/kg cinsinden verilen bu değerler için, mevcut üst limitli mamuller belirlenecektir. Üst limit içerisinde kalan mamullere ait reçetede ki hammaddeler gözden geçirilecektir. Bu hammaddelerin sodyum getirisi, literatür taramaları ile yüksekten düşüğe sıralanacaktır. Bu doğrultuda hammadde girdi yüzdeleri ile oynanabilecektir. Burada kritik olan, mevcut ürünlerde bu iyileştirmeyi yaparken belirlenen ürün standartlarından görsel ve lezzet bakımından uzaklaşmamaktır. Bunun için çalışmaların hassasiyetle yapılması önemlidir. Çalışılan reçeteler laboratuvar şartlarında denenecektir. Standart mamul ile deneme mamul için öncelikli olarak görsel ve tekstürel analizler yapılacaktır. Bu noktada bir değişimin gözlemlenmemesi, sodyum analizlerinin yapılması adımı bizi taşıyacaktır. Bu hedefler doğrultusunda, unlu mamuller ürün portföyümüzden seçtiğimiz bir tuzlu kraker üzerinde çalışmalar başlatılmıştır. Öncelikle mamulün reçetesi incelenmiş olup sodyum girdileri ve miktarları çıkarılmıştır. Bu bilgiler ışığında, mamuldeki en önemli sodyum girdisinin sofrata tuzu olduğuna karar verilmiş ve

öncelikle laboratuvar şartlarında sodyum azaltma çalışmaları başlatılmıştır. Farklı tuz miktarlarında hazırlanan numunelerakredite laboratuvarlara sodyum analizlerine gönderilmiş ve gelen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Daha sonra hazırlanan numuneler, tüketici fikrini ölçebilmek adına onaylı panelist listemizde bulunan eğitimli panelistlerce tat ve tekstür/yapı açısından değerlendirilmiştir. Panel sonuçlarına istinaden ise iyileştirme yapılan numuneler ve standart mamul arasında fark gözlemlenmemiştir.

Gıda Ürünlerinde Sodyum Azaltma Stratejileri Nelerdir?

- Tuz miktarının doğrudan azaltılması; Bu strateji, sodyum klorürün bir formülasyondan değiştirilmeden veya telafi edilmeden çıkarılmasını içermektedir.
- Tuz miktarının kademeli azaltılması; Sodyum tüketimini azaltmaya yönelik mevcut yaklaşımlar arasında, tuzun gizlice (tuz konsantrasyonu, tat, koruma, görünüm ve doku dahil tüm işlevlerini elde etmek için gereken miktarı aştığı sürece) zaman içinde kademeli olarak azaltılması yer almaktadır. Bu kademeli yaklaşım nedeniyle, tuzluluktaki değişiklik tüketiciler tarafından tespit edilememektedir. Bu yaklaşımdan elde edilen en önemli sonuç, tüketiciler tarafından belirlenen, görünür organoleptik farklılıklar olmaksızın ürünün algılanan tuzluluğunun azalmasıdır.
- Tat geliştiricilerin veya değiştiricilerin kullanılması (Lezzet arttırıcıların kullanılması); Tat arttırıcılar veya değiştiriciler kullanılarak gıdaların tat profilini değiştirmeden sodyum oranı azaltılabilmektedir. Bu maddeler, kendi başlarına tuzlu bir tada sahip olmayan, ancak sodyum klorür ile birlikte kullanıldıklarında tuz tadı ve yoğunluk beklentileriyle eşleşen gelişmiş bir tuzlu lezzet sağlarlar. Bu şekilde %30-%50 oranında sodyum azaltımının mümkün olduğu öngörülmektedir.
- Mineral tuzların kullanılması; Potasyum klorür, potasyum sülfat, kalsiyum klorür, magnezyum sülfat, magnezyum klorür, konsantre süt mineralleri ve indirgenmiş sodyum deniz tuzları dahil olmak üzere sodyum klorür yerine başka mineral tuzların kullanılması mümkündür. İkame maddelerinin kullanılması; Ticari olarak temin edilebilen tuz ikamelerinin kullanılmasıyla eklenen tuzun tamamen değiştirilmesi mümkündür. Fiziksel olarak değiştirilmiş sodyum klorür kristalleri, mineral tuzları, fosfatlar veya tuz ikamesi için tek durak bir çözüm sağlayan mineral tuzları veya tat arttırıcı/düzenleyici bileşenlerin karışımlarını kullanan birçok ticari tuz ikamesi mevcuttur. Bu ticari tuz ikame bileşenleri, tuz gibi işleme sırasında kullanılmak üzere tasarlanmış farklı fiziksel biçimleri içerir (nano kristaller, daha ince tuz kristalleri, ko-kristaller, aglomeratlar, harmanlar ve bileşenlerin karışımları). Bu durum, eklenen tüm sodyum klorürün bu tuz ikameleri ile değiştirilebileceği anlamına gelmez. Genellikle tuz ikameleri de sodyum klorür içerir, ancak bu stratejiyi kullanırken %50-%60 tuz azaltımı mümkündür. Bu kombinasyonlar, bir formülasyona eklenen tüm tuzların bire bir ikamesi olarak tasarlandıklarından ürün geliştirme sürecini çok daha hızlı hale getirebilir.

SONUÇ

Sodyum hem üretilen unlu mamullerde önemli bir reçete girdisi olup hem de insan sağlığını etkileyen önemli bir faktör olduğundan bu çalışmaya konu olmuştur. Mevcut reçetelerde sodyum girdisini azaltmak ve insanların diyetlerinde kullanım miktarlarını düzenlemek önemli bir husustur. Bu gerekçeler doğrultusunda, ŞÖLEN bünyesinde sodyum girdisi yüksek olan mamuller listelenmiş ve öncelik sırası verilerek sodyum miktarını azaltma çalışmaları başlatılmıştır. Çalışmalara tuzlu bir kraker çeşidiyle başlanmış olup, sodyum miktarını düşürmekte kullanılabilecek stratejiler belirlenmiştir. Bu stratejiler belirlendikten sonra en uygun metod seçilmiş ve uygulanmıştır. Uygulanan metodun sonucunu görebilmek adına akredite laboratuvarlarda sodyum analizi yapılmış olup bu veri ışığında proje ilerletilmiştir. Analiz

sonuçlarına paralel olarak ise, çalışılan numuneler panel testlere tabii tutulmuş ve sonuçları değerlendirilmiştir. Sayısal ve duyuşal veriler doğrultusunda sodyum azaltma çalışmaları ŞÖLEN bünyesinde hız kazanmıştır. Yakın zamanda ise bu çalışmalar iç ve dış piyasaya sürülecektir.

KAYNAKLAR

- Institute of Medicine. 2005. Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate. Washington, DC: TheNationalAcademiesPress, doi: 10.17226/10925 ¹
- Garfinkle, M. A. (2017). Salt and essential hypertension: pathophysiology and implications for treatment. J AmSocHypertens, 11: 385-391, doi: 10.1016/j.jash.2017.04.006. ²
- Xue, Y., Wen, Q., Xu, C., Zhang, X., Zeng, J., Sha, A. M., ..., Zeng, C. (2020). Elevated Salt Taste Threshold Is Associated with Increased Risk of Coronary Heart Disease. J. CardiovascTranslRes, 1- 8, doi: 10.1007/s12265-020-10017-4. ³
- Bozkurt, S., Koç, M. (2022). Gıdalarda sodyum azaltımı. GIDA (2022) 47 (2) 231-251 doi: 10.15237/ gida.GD21023. ⁴

Deniz Kolajeninin İç Faz ve Dış Faz Olarak Kullanılmak Üzere Püskürterek Kurutma Yöntemi ile Mikroenkapsülasyon Olanaklarının Araştırılması

Mert Kesiktaş, Latro Kimya Ar-Ge Merkezi,

*Koray Pektaş, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi,
Tekstil Mühendisliği Bölümü*

mkesiktas@latro.com.tr ,koraypektas@ksu.edu.tr

ÖZET

Çalışma kapsamında, deniz kolajeninin iç faz ve dış faz olarak püskürterek kurutma yöntemi ile mikroenkapsülasyonu üzerine çalışma yapılmıştır. Çalışmada dış faz olarak sodyum aljinat ve deniz kolajeni ayrı ayrı kullanılırken, iç faz olarak ise sarı kantaron yağı ve deniz kolajeni ayrı ayrı kullanılmıştır. Püskürterek kurutma yönteminde mikroenkapsülasyona etki eden parametrelerden besleme hızı, giriş sıcaklığı, çıkış sıcaklığı, kabuk materyal: çekirdek materyal oranı üzerine çalışmalar gerçekleştirilerek küresel şekle sahip mikrokapsüllerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Sodyum aljinat dış fazına sahip mikrokapsüllerde püskürterek kurutma çalışma parametreleri şu şekilde belirlenmiştir. Giriş sıcaklığı 180°C, besleme hızı 5ml/dk ve 10 ml/dk, kabuk materyal:çekirdek materyal oranı 1:1, 1:2, 1:4, 2:1 ve 4:1 olarak belirlenmiştir. Dış fazı kolajen olan mikrokapsüllerin püskürterek kurutma çalışma parametreleri ise, giriş sıcaklığı 140°C, besleme hızı 5ml/dk ve 10 ml/dk, kabuk materyal :çekirdek materyal oranı ise 1:1, 1:2, 1:4, 2:1 ve 4:1 olarak belirlenmiştir. Yapılan mikroenkapsülasyon çalışmaları sonrasında elektron mikroskobu (SEM) ile 500 x, 1.000x, 2.500 x ve 5.000 x büyütmelemlerde görüntüler alınarak mikrokapsüllerin morfolojik yapıları incelenmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında başarılı bir mikroenkapsülasyonun olduğu incelemek yani iç fazın başarılı bir şekilde maskelendiğini görmek için FT-IR analizi yapılmıştır. Elde edilen SEM görüntüleri incelendiğinde, dış faz sodyum aljinat olan mikrokapsüllerde çökme meydana geldiği gözlemlenirken, dış fazı deniz kolajeni olan mikrokapsüllerin küresel yapıda olduğu görülmüştür. FT-IR sonuçları incelendiğinde ise, dış fazı sodyum aljinat olan mikrokapsüllerin iç fazını yani deniz kolajenin başarılı bir şekilde masekelediği görülürken, dış fazı kolajen iç fazı sarı kantaron yağı olan mikrokapsüllerde de kolajenin iç fazını başarılı bir şekilde masekelediği görülmüştür. Buna göre, kolajen ve sarı kantaron yağı kombinasyonunun küresel bir şekilde mikrokapsüllendiği ve bu kapsüllerin tekstil ve kozmetik uygulamalarında kullanılabileceği veteriner potansiyel taşıdığı düşünülmektedir. Öte yandan iç fazı kolajen dış fazı sodyum aljinat içeren mikrokapsüllerde ise çeşitli reçete çalışmaları yapılarak küresel mikrokapsüllerin elde edilebileceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Deniz kolajeni, mikroenkapsülasyon, püskürterek kurutma, karakterizasyon

GİRİŞ

Her geçen gün tüketici bilincinin artmasıyla hemen her sektörde fonksiyonel ürünlere olan ilgide de artış görülmektedir. Hiç şüphesiz tekstil endüstrisi de bu sektörlerin arasında yerini almaktadır. Bugün tüketiciler tekstil ürünlerini seçerken tasarım, renk ve tuşenin yanı sıra, hoş kokulu ürünler, ferahlatan ürünler, aroma terapik ürünler, güç tutuşur ürünler, kozmetik içeren kozmetotekstil ürünleri, ilaç salımı yapabilen medikal tekstil ürünleri vb. birçok özelliği de

tekstil ürünlerinde kullanım yerine göre istemektedir. Bu nedenle tekstil ürünlerinin fonksiyonelleşmesi tüketici talebine yetiştirebilmek için son derece önemlidir.

Kolajen, biyomimetik malzemeler içinde en bol bulunan biyopolimerlerden biridir ve tüm vücut protein içeriğinin yaklaşık %30'unu oluşturan memeli hayvanların birçok bağ dokusunun hücre dışı matriksinde bulunmaktadır. Kolajen tipik olarak tendonlar, deri ve bağlar gibi fibröz dokularda bulunmaktadır ve toplam vücudun yaklaşık yarısını oluşturmaktadır. Ayrıca kıkırdaklarda, kemiklerde, kornealarda, bağırsaklarda ve kan damarlarında da bol miktarda mevcuttur¹. Marine kolajen, balık derisi, kıkırdak ve pulları gibi deniz yan ürünlerinden elde edilir. Bu kaynaklar, sürdürülebilir balıkçılık ve atık yönetimi uygulamaları sayesinde temin edilir. Kolajen, biyolojik özellikleri ve işlevselliği nedeniyle medikal tekstil ürünlerinde kullanım alanına sahiptir. Medikal tekstillerde, kolajen yara örtüleri ve cerrahi iplikler gibi ürünlerde kullanılarak yara iyileşmesini hızlandırır ve enfeksiyonu önler². Kozmetik tekstillerde, kolajen yüz maskeleri ve cilt bakım mendillerinde bulunur, cilt elastikiyetini artırır ve yaşlanma belirtilerini azaltır. Fonksiyonel tekstillerde, kolajen antimikrobiyal özellikler kazandırılarak spor giyim ve sağlık sektöründe tercih edilir ve nem yönetimi sağlayarak konforu artırır³. Moda ve giyim sektöründe, kolajen lüks moda ürünlerinde ve biyobozunur tekstillerde kullanılır. Akıllı tekstillerde, kolajen bazlı malzemeler sağlık takibi ve performans izleme için uygundur. Ayrıca, tekstil kaplamalarında su geçirmezlik, UV koruması ve mekanik dayanıklılık sağlar⁴.

Mikrokapsülasyon; sıvı, gaz veya katı maddelerin uygun bir kabuk materyali içerisine hapsedilmesidir. Kapsüllenen maddeye çekirdek, kaplama maddesine de çeper, kabuk veya duvar materyali denir⁵. 1 µm den küçük kapsüller nanokapsüller, 1000 µm den büyük kapsüller makrokapsüller olarak ifade edilmektedir. 3-800 µm arasındaki partiküller ise mikro partikül, mikrokapsül ya da mikro küreler olarak bilinmektedir⁶. Mikrokapsülasyon teknolojisinin avantajları şu şekilde sıralanabilmektedir: fonksiyonel işlemlerin etkisini uzun süre koruması, kontrollü salım özelliği, çevre koşullarına ve yıkamaya dayanıksız ürünlerin koruma altına alınarak uzun ömürlü kullanımlarının sağlanması, toksik materyaller güvenli bir şekilde taşınabilmekte, enzim ve mikroorganizma immobilizasyonu gerçekleştirilebilmekte, tat ve kokular gizlenebilmekte, sıvı maddeler katı halde taşınabilmektedir⁷.

Püskürtmeli kurutma ile enkapsülasyon, 1950'lerin sonlarından beri aromatik yağları degradasyon/oksidasyondan korumak için ve sıvıları toza çevirmek amacıyla kullanılmıştır. Püskürterek kurutma yöntemi genellikle kimyasal, farmasötik, biyokimya ve gıda endüstrisinde maddeleri kurutmak için kullanılır. Bu yöntem ayrıca esansiyel yağlar, vitaminler, hoş kokulu hassas maddeleri kapsüllemek için de kullanılır. Püskürtmeli kurutma yönteminde sıvı ürün atomizör yardımı ile çok küçük damlacıklar halinde sıcak hava ortamına verilir. Yapıdaki su yüksek buharlaşma hızından dolayı kısa süre içerisinde üründen uzaklaşır⁸.

Çalışma kapsamında, deniz kolajeninin iç faz ve dış faz olarak püskürterek kurutma yöntemi ile mikroenkapsülasyonu üzerine çalışma yapılmıştır. Çalışmada dış faz olarak sodyum aljinat ve deniz kolajeni ayrı ayrı kullanılırken, iç faz olarak ise sarı kantaron yağı ve deniz kolajeni ayrı ayrı kullanılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan kabuk materyaline göre çalışma parametreleri belirlenmiş olup buna göre mikroenkapsülasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Elde edilen kapsüller elektron mikroskobu (SEM) ve FT-IR analizi ile incelenmiştir. Buna göre elde edilen kapsüllerin tekstil ve kozmetik uygulamalarında kullanılabilme olanağı değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Çalışma kapsamında, deniz kolajeni hem dış faz hem de iç faz olarak kullanılmış olup püskürterek kurutma yöntemi ile mikroenkapsülasyonu üzerine denemeler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında sıvı kolajenin dış faz olarak kullanıldığı çalışmada iç faz olarak sarı kantaron yağı kullanılırken sıvı kolajenin iç faz olarak kullanıldığı çalışmalar ise dış faz olarak sodyum aljinat kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında yapılan denemelere ait deney planı Tablo 1’de verilmektedir.

Deneme No	Kabuk Materyal	Çekirdek Materyal	Kabuk/Çekirdek Oranı	Besleme Hızı
1	Sodyum Aljinat	Kollajen (Collarich)	2:1	10 mL/saat
2	Sodyum Aljinat	Kollajen (Collarich)	1:1	10 mL/saat
3	Sodyum Aljinat	Kollajen (Collarich)	2:1	5mL/saat
4	Sodyum Aljinat	Kollajen (Collarich)	1:1	5mL/saat
5	Sodyum Aljinat	Kollajen (Collarich)	1:2	5mL/saat
6	Sodyum Aljinat	Kollajen (Collarich)	4:1	5mL/saat
7	Kollajen (Collarich)	Sarı kantaron yağı	2:1	5 mL/saat

Tablo 1 Deney Planı

Metot

Çalışma kapsamında Dokuz Eylül Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümünde bulunan UNOPEX B15 laboratuvar tipi mini spraydryer etken maddelerin mikroenkapsülasyonu için kullanılmıştır.



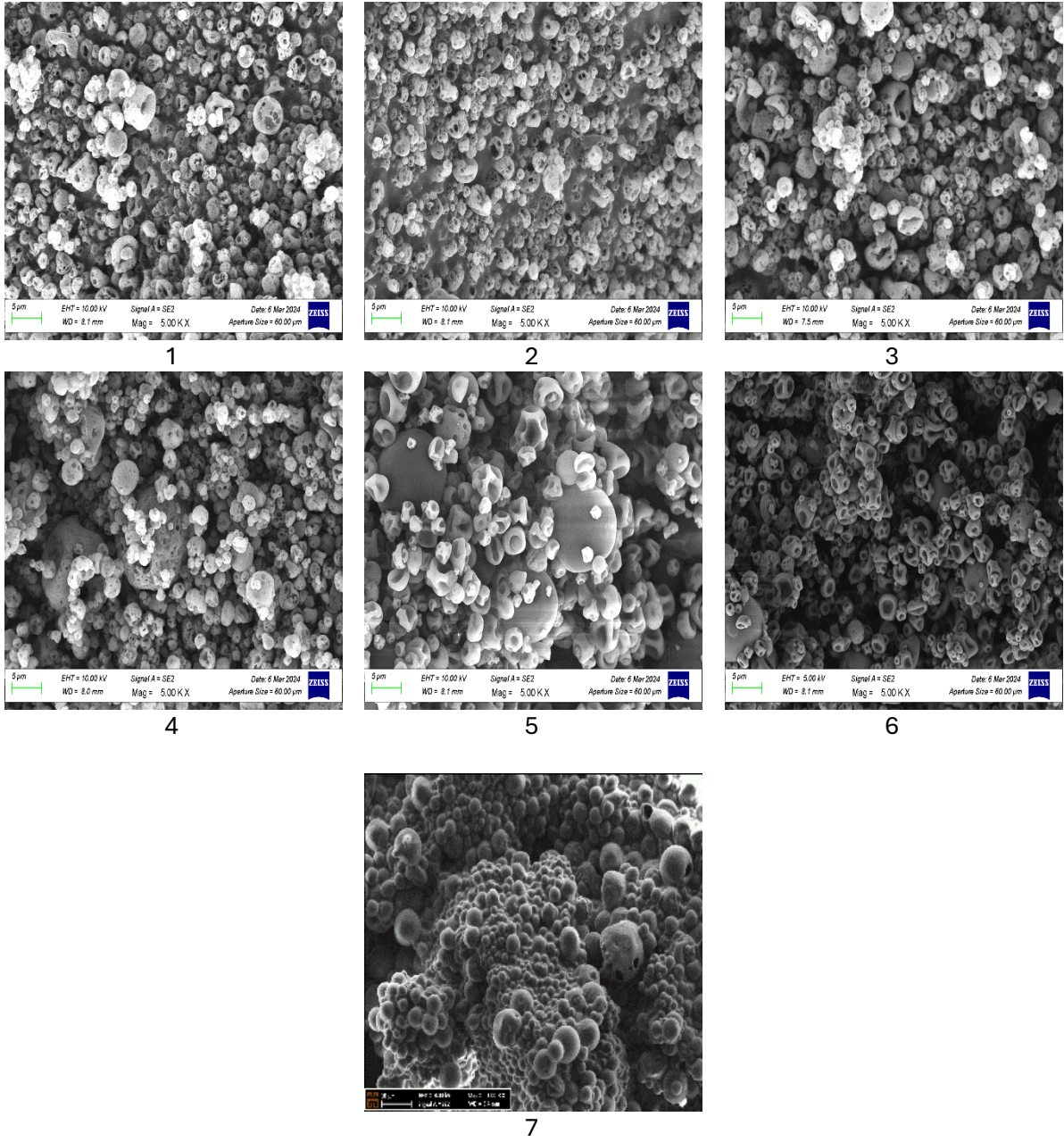
Şekil 1 UNOPEX B 15 Mini püskürterek kurutma cihazı

Kolajen Mikroenkapsülasyonu: Çalışma kapsamında kabuk materyal olarak suda çözünebilen sodyum aljinat kullanılmıştır. Mikroenkapsülasyon için %1,5'lik sodyum aljinat çözeltisi hazırlanmıştır. Daha sonra Tablo 1'de verilen deney planından verilen kabuk/etken madde oranları göz önüne alınarak sodyum aljinat çözeltisi içerisine etken madde olarak collarich (deniz kolajeni) eklenmiştir. 5mL/saat ve 10 mL/saat hazırlanan çözelti cihaz içine beslenmiştir. Bunun yanı sıra inlet sıcaklığı 180 °C outlet sıcaklığı ise 96 °C, aspiratör yüzdesi ise %80 olarak ayarlanmıştır.

Sarı Kantaron Yağı Mikroenkapsülasyonu: Çalışma kapsamında kabuk materyal olarak collarich çözeltisi kullanılmıştır. Daha sonra Tablo 1'de verilen deney planından verilen kabuk/etken madde oranları göz önüne alınarak collarich çözeltisi içerisine etken madde olarak sarı kantaron yağı eklenmiştir. Hazırlanan çözelti 5mL/saat besleme hızında olacak şekilde püskürterek kurutma cihazı içine beslenmiştir. Bunun yanı sıra inlet sıcaklığı 180 °C outlet sıcaklığı ise 96 °C, aspiratör yüzdesi ise %80 olarak ayarlanmıştır.

BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

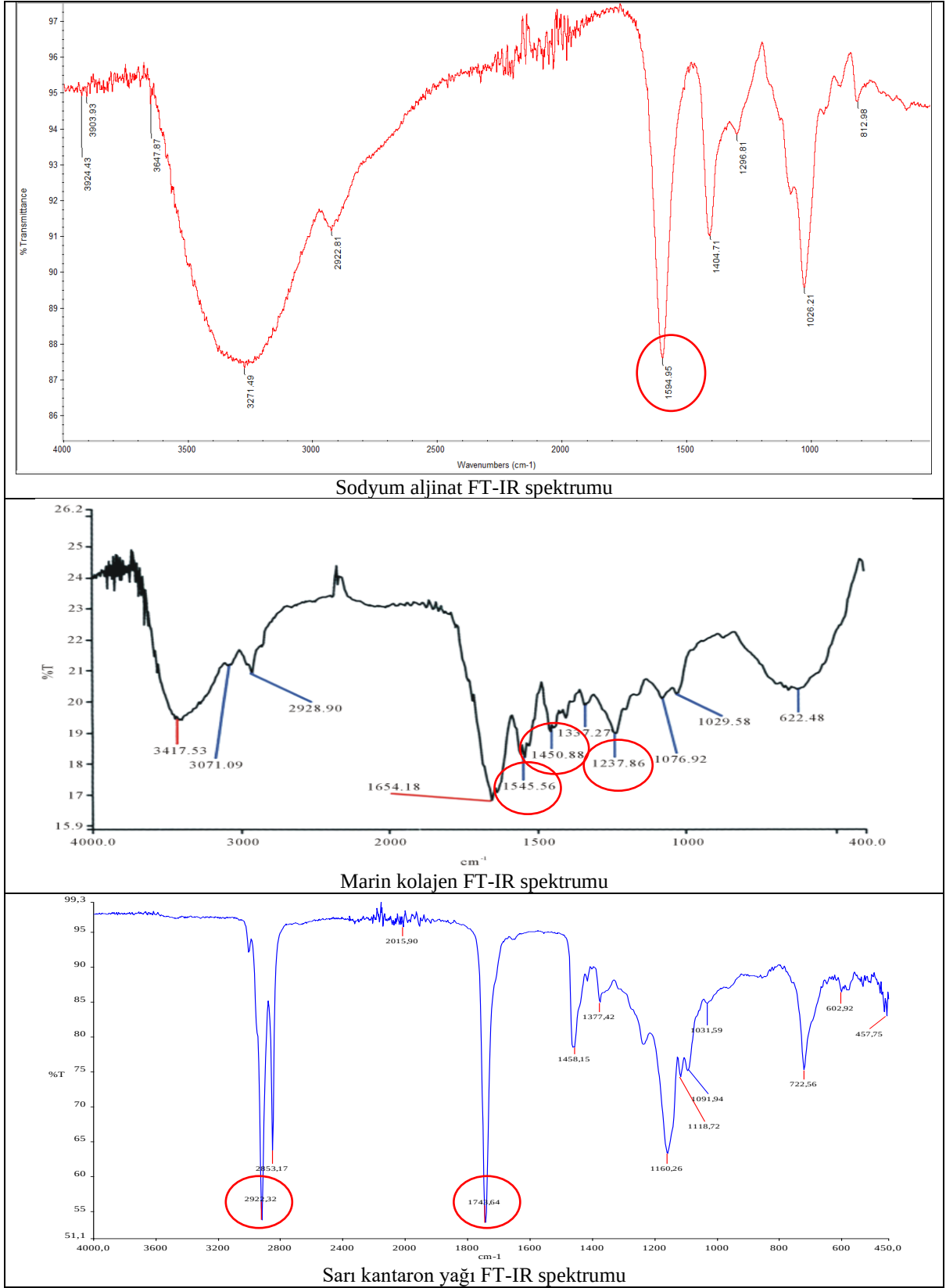
Çalışma kapsamında Deney no 1-7 numuneleri için Dokuz Eylül Üniversitesi, TEAM'da (Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi) SEM analizi yapılmıştır. Elde edilen SEM görüntülerine ait görseller Şekil 2' de verilmektedir.



Şekil 2 Mikrokapsüllere ait SEM görüntüleri

Elde edilen SEM görselleri incelendiğinde, etken madde olarak collarich kullanılan mikroenkapsülasyon çalışmalarında (1-6 nolu numuneler) kabuk/etken madde oranına bakılmaksızın kapsüllerin oluştuğu söylemek mümkündür. Ancak oluşan kapsüllerde çökme meydana geldiği gözlemlenmiştir. 7 nolu mikroenkapsülasyon çalışmaları yapılan numunenin SEM görüntüleri incelendiğinde başarılı bir şekilde mikrokapsüllerin elde edildiği görülmektedir.

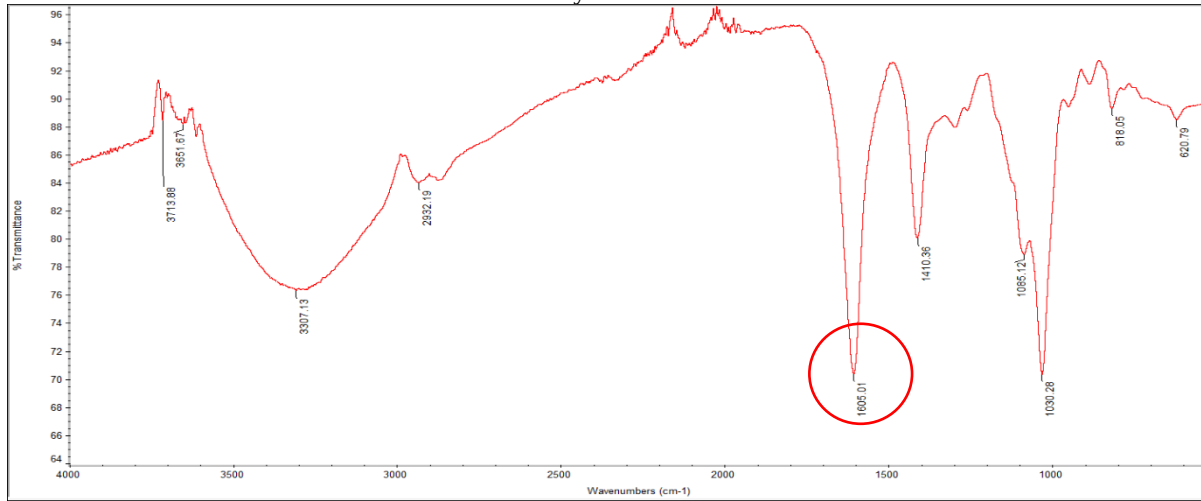
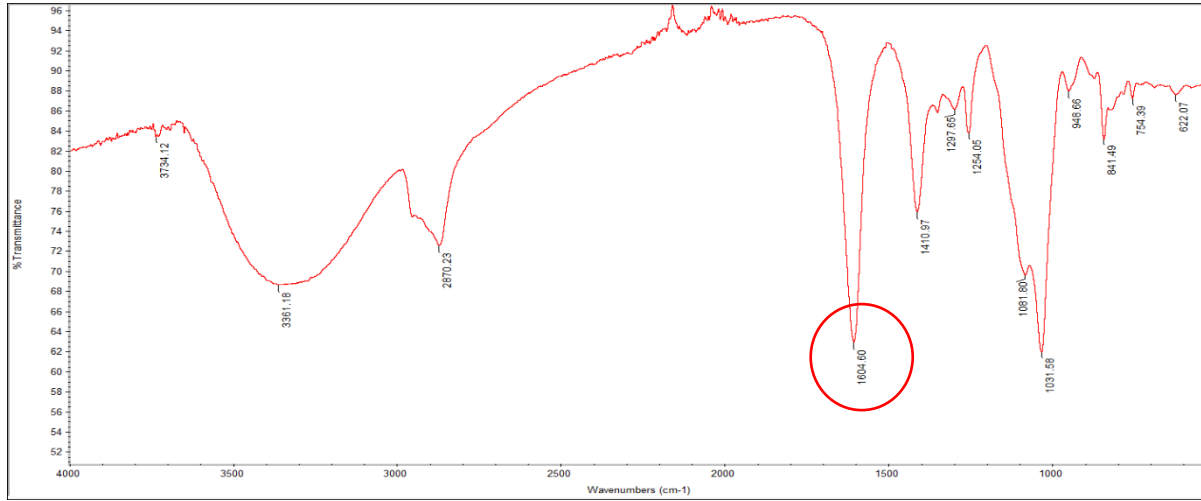
Çalışma kapsamında kullanılan çekirdek ve kabuk materyallerin FT-IR analizi yapılmıştır ve FT-IR analizine ait spesifik pikler belirlenmiştir. Kabuk ve çekirdek materyallere ait FT-IR analizi sonuçları Şekil 3'te verilmektedir.

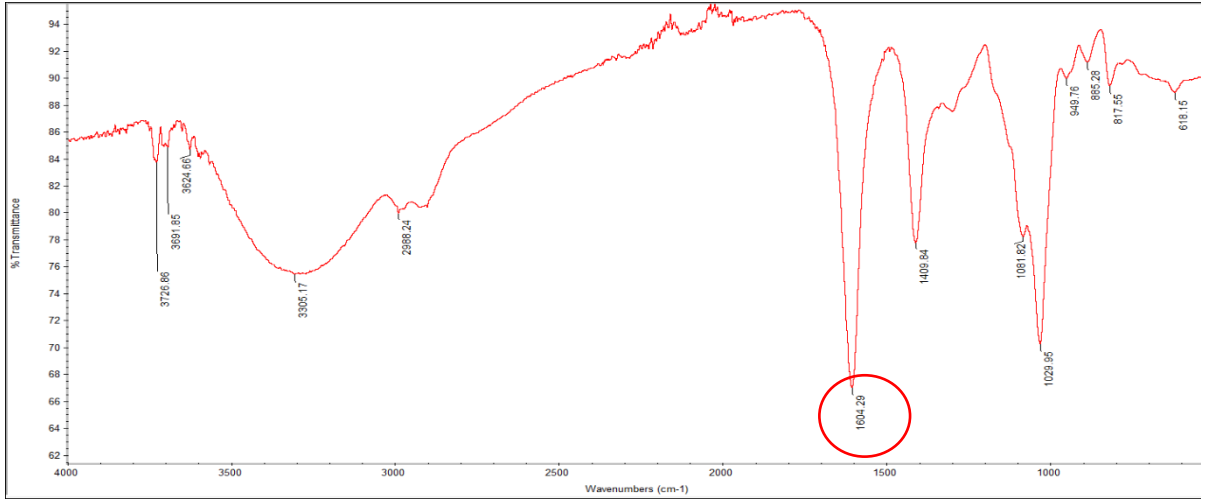


Şekil 3 Mikrokapsüllere ait FT-IR analizi sonuçları

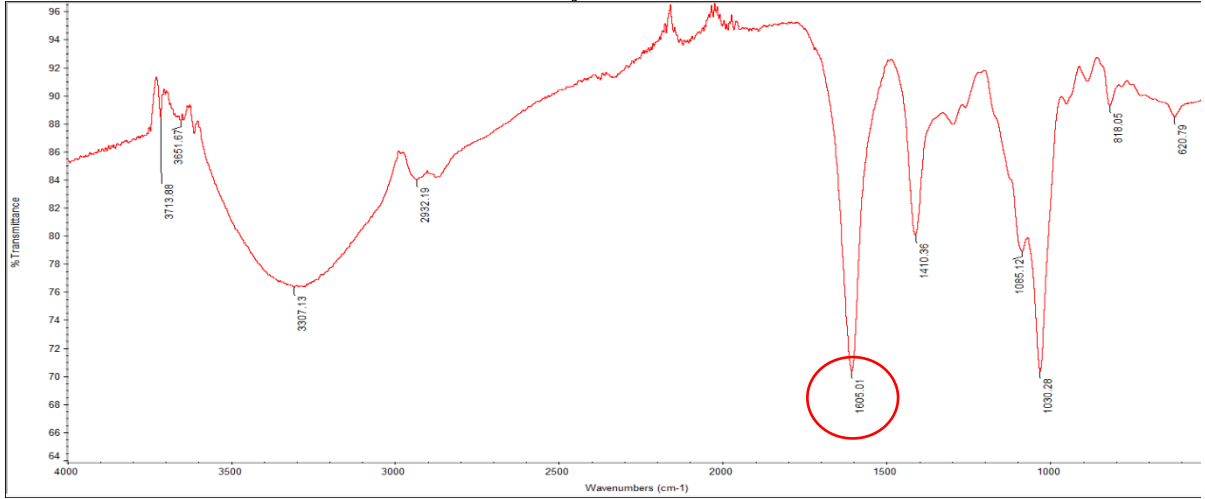
FT-IR analizi incelendiğinde, sodyum alijnata ait karboksilat gruplarının 1594 cm^{-1} dalga boyunda olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Öte yandan tip-1 ve tip-3 kolajen karışımından oluşan deniz kolajenin ise amid-1, amid-2 ve amid-3 gruplarının $1545,56\text{ cm}^{-1}$, $1450,88\text{ cm}^{-1}$ ve $1237,86\text{ cm}^{-1}$ dalga boylarında olduğu görülmektedir. Sarı kantaron yağıgermakrin, pinen, karyofilin gibi birçok aromatik bileşikten oluşur. Bu nedenle, yağın FT-IR spektrumu hidroksil ve karbonil grupları taşıyan birçok aromatik halkaya işaret eder. Aromatik C-H gerilmesi, alifatik C-H gerilmesi, C=O gerilmesi, sırasıyla 2921 cm^{-1} , 2852 cm^{-1} , 1743 cm^{-1} dalga boylarında görülmektedir.

Mikrokapsüllere ait FT-IR analiz sonuçları Şekil 4' te verilmektedir.

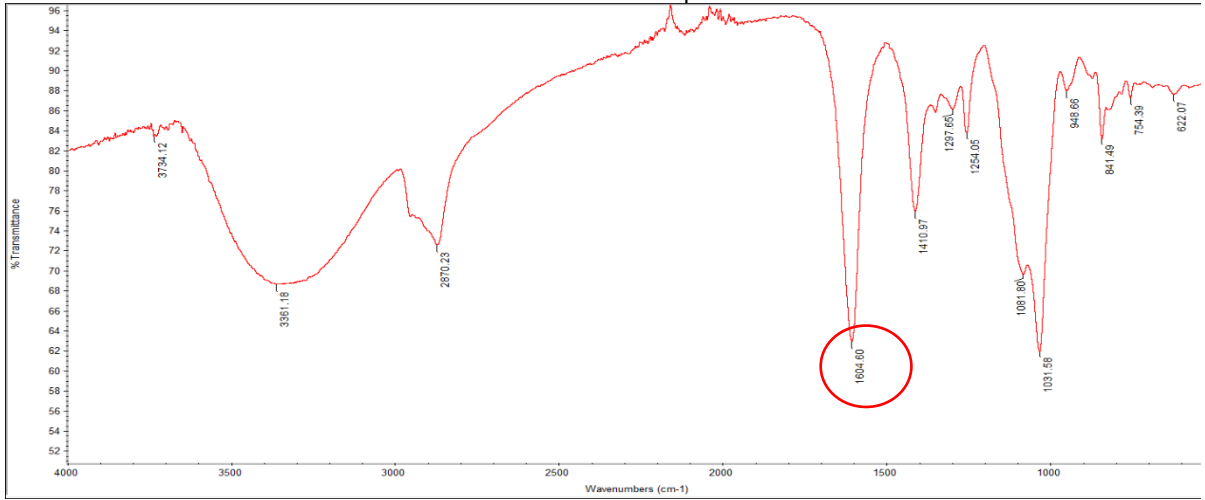




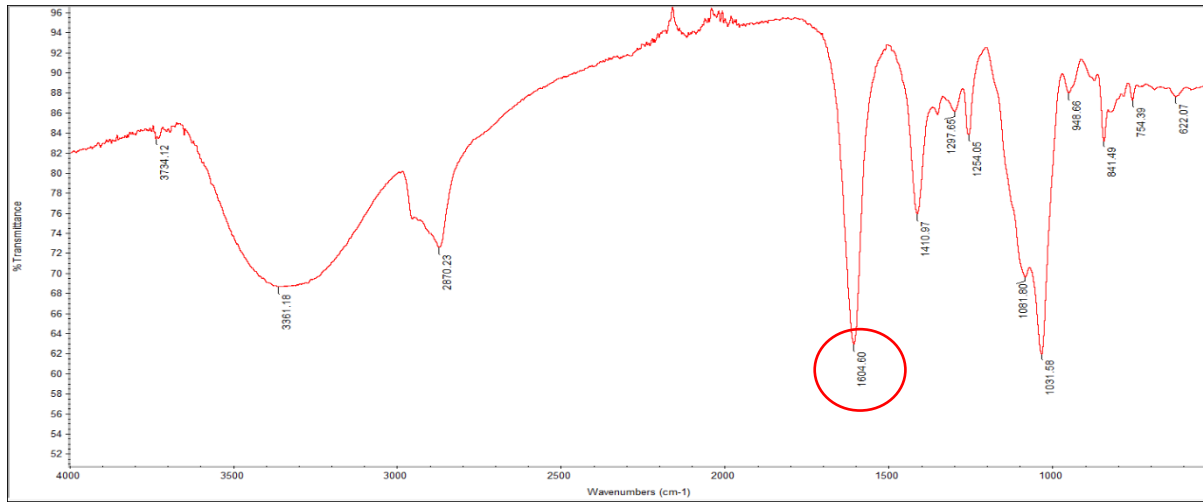
3 nolu numuneye ait FT-IR analizi



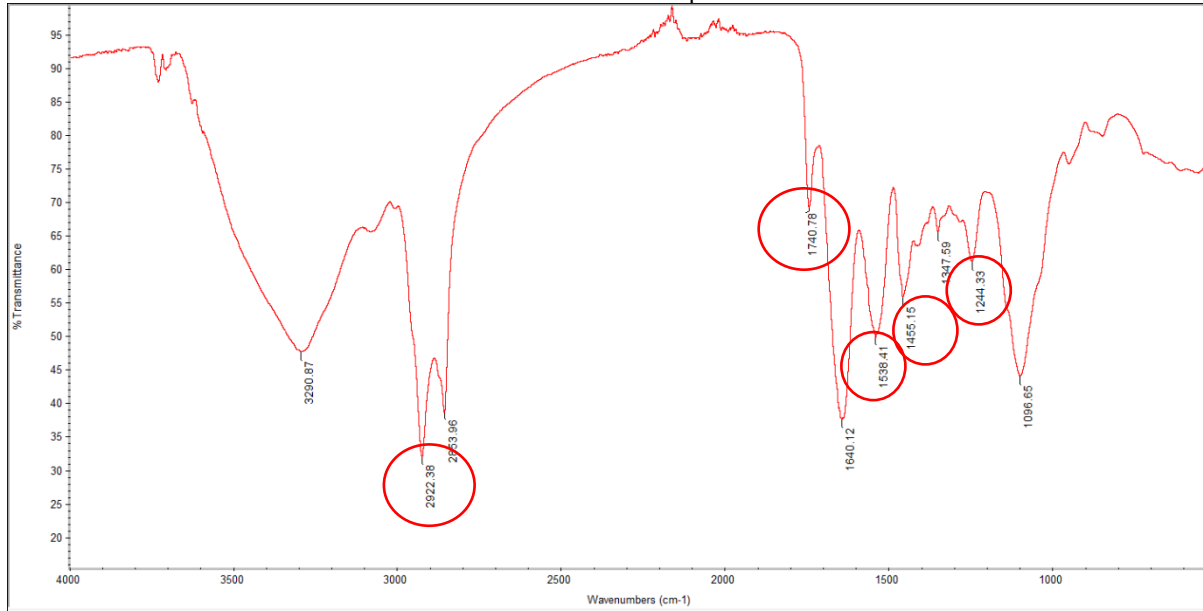
4 nolu numune ait FT-IR spektrumu



5 nolu numune ait FT-IR spektrumu



6 nolu numune aİt FT-IR spektrumu



7 nolu numune aİt FT-IR analizi

Şekil 4 Mikrokapsüllere aİt FT-IR analizi sonuçları

Mikrokapsüllere aİt FT-IR analizi sonuçları incelendiğinde, Sodyum aljinatın kolajeni başarılı bir şekilde kapsüllediğı ve kolajene aİt spesifik piklerin maskelendiğı görölmüşür. Buna göre sodyum aljinat kabuk materyaline sahip mikrokapsüllerde sodyum aljinat aİt karboksilat pikleri 1601 cm^{-1} de açık bir şekilde görölmüşür.

Sarı kantaron yağı içeren mikrokapsüllerin FT-IR analizleri incelendiğinde hem kolajen hemde sarı kantaron yağı aİt spesifik piklerin var olduğı görölmektedir. Burada SEM analizinden elde edilen görüntüler incelendiğinde kapsülasyonun başarılı olduğı görölürken FT-IR analizinde sarı kantaron yağı piklerinin maskelenmeyip görölmesinin nedenin aslında kapsüllerin salım yapabilme özelliğinden kaynaklandığı düşünölmektedir.

SONUÇ

Çalışma kapsamında deniz kolajeni hem dış faz hemde i faz olarak pöskörtörek kurutma yöntemi ile mikrokapsölasyon çalışmalarında kullanılmıştır. Bunun yanı sıra sarı kantaron

yağının çekirdek materyal olduğu mikroenkapsülasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonrasında elde edilen kapsüllerin karakterizasyon SEM ve FT-IR analizi ile yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre başarılı bir mikroenkapsülasyon çalışmasının gerçekleştirildiği görülmüştür. Elde edilen kapsüllerin tekstil ve kozmetik sektöründe kullanılabileceği düşünülmektedir. Ancak iç faz kolajen içeren mikrokapsüllerin reçetelerinde çalışmalar gerçekleştirilerek küresel ve çöküntü olmayan bir yapıya kavuşması sonraki çalışmalar dahilinde değerlendirilecektir. Ayrıca sonrası çalışmalarda kapsüllerin salım özellikleri incelenerek tekstil ve kozmetik ürünlerde kullanım reçetelerinin belirlenmesi planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Patino, M. G., Neiders, M. E., Andreana, S., Noble, B. & Cohen, R. E. Collagen : An Overview. *Implant Dent.* **11**, 280–285 (2002).
2. Shoulders, M. D. & Raines, R. T. Collagen structure and stability. *Annu. Rev. Biochem.* **78**, 929–958 (2009).
3. Gelse, K., Pöschl, E. & Aigner, T. Collagens - Structure, function, and biosynthesis. *Adv. Drug Deliv. Rev.* **55**, 1531–1546 (2003).
4. Sayani Chattopadhyay, R. T. R. Collagen-based biomaterials for wound healing. *Biopolymers* **101**, 821–833 (2014).
5. Umer, H., Nigam, H., Tamboli, A. M. & Nainar, M. S. M. A review on “Microencapsulation: Process, Techniques and Applications. *Int. J. Res. Pharm. Biomed. Sci.* **2**, 447–481 (2011).
6. Jyothi, N. V. N. *et al.* Microencapsulation techniques, factors influencing encapsulation efficiency. *J. Microencapsul.* **27**, 187–197 (2010).
7. Garg Tarun, Singh Onkar, Arora Saahil, M. R. Patented microencapsulation techniques and its application. *J. Pharm. Res.* **20114**, 2097–2102 (2011).
8. Koç, M., Sakin, M. & Ertekin, F. K. Mikroenkapsülasyon ve Gıda Teknolojisinde Kullanımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim. Derg.* **16**, 77–86 (2010).

DİJİTAL DÖNÜŞÜM, AKILLI SÜREÇLER

Dijital Dönüşüm: İş Süreçlerinin Verimliliğinin Artırılması

Onur Yozcu, Optimak STU, ArGe Merkezi, Beyzanur Bostancı, Optimak STU, ArGe Merkezi, Yasin Öztürk, Optimak STU, ArGe Merkezi

Mustafa Zahid Yıldız, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Süleyman Uzun, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü

onuryozcu@tr.optimakstu.com, beyzanur.bostanci@tr.optimakstu.com,
yasin.ozturk@tr.optimakstu.com, mustafayildiz@subu.edu.tr, suleymanuzun@subu.edu.tr

ÖZET

Günümüzde dijital dönüşüm, endüstriyel süreçlerin verimliliğini artırmak ve rekabet avantajı elde etmek için kaçınılmaz bir gereklilik haline gelmiştir. Geliştirilen OptimusVision adındaki uygulama, üretim hatlarının izlenmesi, ürünlerin kalite kontrolü, anomali ve hata tespiti gibi fonksiyonlarla donatılmıştır. Endüstriyel üretim süreçlerinde verimlilik ve kalite kontrol kritik öneme sahiptir. Manuel kontrollerin yetersiz kaldığı, hata oranlarının yüksek olduğu ve verimlilikte kayıpların yaşandığı süreçlerde, dijital dönüşüm ihtiyacı doğmuştur. OptimusVision, bu ihtiyaçlara cevap vermek üzere geliştirilmiştir. Sistem, insan hatalarını minimize ederek, üretim sürecinin her aşamasında yüksek doğruluk ve hızlı müdahale imkanı sunar. OptimusVision, üretim hatlarının sürekli olarak izlenmesini sağlar. Kameralar aracılığıyla kolilerin durumunu analiz eder ve herhangi bir anomali veya hata tespit edildiğinde anında müdahale edilmesini sağlar. Bu sayede üretim sürecinde kalite kontrolü kesintisiz bir şekilde yürütülür ve hatalı ürünlerin son kullanıcıya ulaşması engellenir. OptimusVision'ın anomali ve hata tespitinde %98 doğruluk oranına sahip olması, kalite kontrol süreçlerinin etkinliğini artırmaktadır. Uygulama, yapay zeka destekli algoritmalar kullanarak üretim sırasında meydana gelen olası anomalileri ve hataları gerçek zamanlı olarak tespit eder. Yapay zeka sayesinde, sistem sürekli olarak kendini geliştirir ve öğrenir. Örneğin, bir kolinin hatalı kapatılması veya eksik ürün içermesi durumunda, sistem bu durumu hemen fark eder ve ilgili operatöre bildirir. Bu, yapay zekanın gücünden faydalanarak kalite kontrolün yüksek doğrulukta gerçekleştirilmesini sağlar. OptimusVision, üretim hattındaki ürünlerin ve paletlerin QR kodlarını okuyarak takibini yapar. Bu özellik, ürünlerin hatlar boyunca nerede olduğunu ve hangi işlemlerden geçtiğini anlık olarak izlememizi sağlar. Böylece üretim sürecindeki her adım şeffaf bir şekilde takip edilir ve kayıt altına alınır. OptimusVision, üretim süreçlerinin verimliliğini analiz eder. Hangi hattan ne zaman ne kadar ürün çıktığı, toplam vardiya boyunca sağlam çıkan paletlerin sayısı gibi verileri toplar ve analiz eder. ERP sistemleri ile entegre çalışarak üretim ve envanter verileri arasındaki farkları belirler ve raporlar. OptimusVision'ın uygulanmasıyla, üretim hattındaki duruş süreleri %20 oranında azalmış, üretim verimliliği ise %15 oranında artmıştır. OptimusVision, yapay zeka destekli akıllı algoritmalar kullanarak üretim hattının performansını optimize eder. Sistem, hatların yavaşlaması veya hızlanması gerektiği durumları analiz eder ve gerekli ayarlamaları yapar. Ayrıca, robotlarda oluşan hataları ve potansiyel sorunları önceden tespit ederek bakım sağlar. Bu sayede, beklenmedik duruşlar minimize edilir ve üretim sürecinin kesintisiz devam etmesi sağlanır. Dijital dönüşüm, üretim süreçlerindeki insan bağımlılığını azaltmakta önemli bir rol oynar. OptimusVision gibi gelişmiş sistemler, birçok manuel işlemi otomatikleştirerek operatörlerin üzerindeki yükü hafifletir. Bu sayede insan hatalarından kaynaklanan üretim kayıpları minimize edilir. OptimusVision'ın uygulanmasıyla, manuel işlemler %30 oranında azalmış ve iş gücü verimliliği %25 oranında artmıştır. OptimusVision, anlık verileri analiz ederek üretim sürecindeki kayıpları tespit eder

ve önlenmesi için gerekli önlemleri alır. Örneğin, üretim hattındaki bir arızayı tespit ederek anında müdahale edilmesini sağlar, bu da duruş sürelerini ve üretim kayıplarını önemli ölçüde azaltır. OptimusVision, üretim kayıplarını %18 oranında azaltmıştır. Dijital dönüşüm sürecinde en büyük zorluklardan biri, yeni teknolojilere adaptasyon sürecidir. OptimusVision gibi kompleks sistemlerin kurulumu ve işletimi için uzmanlık gerekmektedir. Bu noktada, kapsamlı eğitim programları ve kullanıcı dostu arayüzler önemli bir rol oynar. Eğitim programlarımız sayesinde, kullanıcıların sisteme adaptasyon süresi %40 oranında kısalmıştır. Dijitalleşme sürecinde toplanan verilerin güvenliği de büyük bir öneme sahiptir. OptimusVision, veri güvenliğini sağlamak için en güncel güvenlik protokollerini kullanır. Ayrıca, veri ihlallerine karşı sürekli olarak sistem güncellemeleri yapılır ve güvenlik açıkları minimize edilir. Veri güvenliği tedbirlerimiz sayesinde, veri ihlali olayları %95 oranında azalmıştır. OptimusVision, üretim hatlarının izlenmesi, ürünlerin kalite kontrolü, anomali ve hata tespiti gibi fonksiyonlarla donatılmış, dijital dönüşüm sürecinde önemli bir yer tutan bir uygulamadır. Bu uygulama sayesinde üretim süreçlerinde verimlilik artışı sağlanmakta, insan bağımlılığı azaltılmakta ve kayıplar minimize edilmektedir. Dijital dönüşüm sürecinde karşılaşılan zorluklar, doğru stratejiler ve teknolojilerle aşılabılır. OptimusVision, bu sürecin başarılı bir şekilde yönetilmesine ve işletmelerin rekabet avantajı elde etmesine katkıda bulunur. Ayrıca, OptimusVision'ın sağladığı verimlilik artışı ve operasyonel iyileştirmeler, dünya çapında benzer endüstriyel süreçlere de uygulanabilir ve genel verimlilik seviyelerini yükseltebilir.

PROJE KONUSU BELİRLEYEN İHTİYAÇLAR

Modern endüstriyel ortamlar, karmaşık üretim hatları ve kalite kontrol süreçleri gibi zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu zorluklar, entegre bir yazılım çözümünün eksikliğinden, veri uyumsuzluklarından, manuel süreçlerin takip edilebilirliğinin azalmasından ve hatalı üretimden kaynaklanmaktadır. Bu ihtiyaçlar, "Optimus" projesinin geliştirilmesine zemin hazırlayan temel unsurları oluşturmuştur.

Üretim ve paketleme süreçlerinde birden fazla yazılımın kullanılması, entegrasyon sorunları ve veri aktarım problemlerine yol açmaktadır. Bu tür yazılım uyumsuzlukları, operasyonel süreçlerin aksamasına ve zamanında tamamlanamamasına neden olmaktadır. Üretim, paketleme ve lojistik departmanları arasındaki stok bilgisi uyumsuzlukları da kritik bir sorundur. Stok bilgilerinin güncel tutulamaması nedeniyle ciddi tutarsızlıklar yaşanmakta ve bu da siparişlerin yanlış veya eksik yerine getirilmesine yol açmaktadır. Manuel süreçlerin ve birden fazla yazılımın kullanılması, ürünlerin ve iş emirlerinin doğru bir şekilde takip edilmesini zorlaştırmakta ve işlemlerin şeffaflığını azaltmaktadır. Bu da hata oranlarının artmasına yol açan önemli bir ihtiyaçtır. Her sürecin manuel olarak takip edilmesi ihtiyacı, gereksiz işgücü kullanımı ve artan operasyonel maliyetlerle sonuçlanmaktadır. Ayrıca, manuel olarak girilen iş emirleri ve yanlış veya eksik bilgi girişi, hatalı üretimlere neden olmaktadır. Bu, üretim verimliliğini olumsuz etkileyerek, kalite kontrol süreçlerinde aksaklıklara yol açmaktadır. Kalite kontrol eksiklikleri, müşteri memnuniyetsizliğine ve marka imajının zarar görmesine neden olmaktadır. Kapakları açık, etiketsiz veya deforme olmuş ürünlerin müşteriye ulaşması, bu sorunların tipik örnekleridir. Modern üretim ve lojistik süreçlerinde verimlilik artırma ve pazar koşullarına uyum sağlama ihtiyacı, rekabet avantajı açısından kritik önem taşımaktadır. Otomasyon ve yapay zeka teknolojileri, bu ihtiyaçları karşılamak için önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda geliştirilen "Optimus" projesi, entegre ve yenilikçi bir yazılım çözümü olarak bu sorunlara yanıt vermeyi hedeflemektedir.

PROJE KAPSAMINDA YAPILAN FAALİYETLER

Optimus projesi, endüstriyel otomasyon ve kalite kontrol süreçlerinde verimliliği artırmak için geniş kapsamlı ve çok yönlü faaliyetler içermektedir. Bu faaliyetler, elektriksel ve donanımsal tasarım, yazılımsal tasarım, test faaliyetleri, raporlama ve değerlendirme, optimizasyon ve sürekli iyileştirme gibi önemli aşamaları kapsamaktadır. Bu aşamada, endüstriyel kameralar, barkod okuyucular ve el terminalleri gibi cihazların elektriksel entegrasyon planları detaylı bir şekilde oluşturulmuştur. Kullanılan endüstriyel kameralar, yüksek kaliteli görüntü işleme imkânı sağlamıştır. Barkod okuyucular ve Data Logic el terminalleri, projedeki farklı görevler için seçilmiştir. Aydınlatma sistemleri, kameraların optimal performans göstermesi için özel olarak tasarlanmış ve ayarlanmıştır. Ek olarak, sunucu ve yerel çalışma seçenekleri için gereken donanım konfigürasyonları, güçlü PC ekran kartları da dahil olmak üzere, belirlenmiş ve kapsamlı bir şekilde test edilmiştir. Sistemin yazılımı, Python programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. Python, yazılımın güçlü bir altyapıya sahip olmasını ve yapay zekâ uygulamalarının geliştirilmesinde en çok tercih edildiği için tercih edilmiştir. Görüntü işleme ve yapay zekâ destekli nesne tespiti için PyTorch ve TensorFlow kütüphaneleri kullanılmış, veri işleme ve analitik işlemler için NumPy ve Pandas kütüphanelerinden yararlanılmıştır. Kullanıcı dostu ve etkileşimli bir ara yüz sağlamak amacıyla QT Designer kullanılmıştır. Veritabanı entegrasyonu, MSSQL ve MySQL tabanlı olarak planlanmış ve geliştirilmiştir, bu da yazılımın veri yönetimi konusunda esnek ve uyumlu olmasını sağlamıştır. Test faaliyetlerinde, yapay zeka model eğitimi, doğruluk testleri, haberleşme testleri ve entegrasyon testleri gibi çeşitli testler gerçekleştirilmiştir. Yapay zeka destekli görüntü işleme ve nesne tespiti modellerinin doğruluğunu ölçmek amacıyla sahada gerçek zamanlı testler yapılmış ve başarı oranları değerlendirilmiştir. Haberleşme testlerinde, RS485, RS232 ve Profinet gibi endüstriyel haberleşme protokolleri kullanılmış ve bu protokoller üzerinden PLC sistemleriyle ve endüstriyel kameralarla sanal bir ortamda haberleşme testleri gerçekleştirilmiştir. ERP entegrasyonu için geçici linkler Postman ve SoapUI araçları kullanılarak doğrulukları sınanmıştır. Proje kapsamında yapılan faaliyetler, her aşamada detaylı bir şekilde belgelendirilmiş ve raporlanmıştır. Bu raporlar, tasarım ve test süreçlerinin teknik detaylarını, karşılaşılan problemleri ve çözüm yollarını, test sonuçlarını ve bu sonuçların projenin genel hedeflerine etkisini kapsamaktadır. Ayrıca, ileride yapılacak çalışmalar için öneriler de bu raporlar aracılığıyla sunulmuştur. Raporlar, proje ekibinin bilgi paylaşımını ve sürekli gelişimi destekleyen bir belge niteliğindedir. Optimus projesi boyunca, tasarım, uygulama ve test süreçlerinde elde edilen geri bildirimler doğrultusunda çeşitli optimizasyonlar yapılmış ve sürekli iyileştirme ilkeleri benimsenmiştir. Bu, projenin esnekliğini ve uyum yeteneğini artırarak, gelecekteki genişlemeler ve teknolojik adaptasyonlar için sağlam bir temel oluşturmuştur. Bu faaliyet, Optimus'un rekabet avantajını sürdürmesini ve endüstriyel otomasyon alanında lider bir pozisyonda kalmasını desteklemektedir.

PROJENİN YENİLİKÇİ YÖNÜ VE AR-GE NİTELİĞİ

OPTİMUS ArGe Projesi, endüstriyel otomasyon, üretim hatları ve kalite kontrol süreçlerinde yenilikçi çözümler sunmayı hedefleyen, ileri teknoloji ürünü bir yazılım projesidir. Proje, yapay zekâ ve bilgisayarla görme alanlarındaki en son teknolojik gelişmeleri kullanarak, endüstriyel süreçlerin verimliliğini, kalitesini ve izlenebilirliğini artırmayı amaçlamaktadır. Projenin yenilikçi yönleri, özellikle yapay zekâ destekli görüntü işleme, nesne tespiti ve doğal dil işleme (NLP) teknolojilerinin endüstriyel uygulamalara entegre edilmesiyle ortaya çıkmaktadır. Bu teknolojiler, endüstriyel hatlardaki ürünlerin kalite kontrolünü ve otomatik sınıflandırmasını mümkün kılarak, üretim süreçlerindeki hataları en aza indirmekte ve verimliliği artırmaktadır. Özellikle, PyTorch, TensorFlow ve OpenCV gibi ileri yapay zekâ ve bilgisayarla görme kütüphanelerinin kullanımı, projenin teknolojik üstünlüğünü göstermektedir. Ayrıca,

"Optimus" yazılımı, ERP sistemleri ile entegre çalışarak, veri yönetimi ve operasyonel verimlilik konularında da yenilikçi çözümler sunmaktadır. Bu entegrasyon, işletmelerin üretim, lojistik ve kalite kontrol süreçlerindeki veri akışını otomatize ederek, daha iyi karar verme ve süreç iyileştirme imkânı sağlar. Projenin bu yönü, ERP ve PLC sistemleri arasında uyumlu ve sorunsuz bir entegrasyon sağlama konusunda önemli bir Ar-Ge niteliği taşımaktadır.

Proje kapsamında gerçekleştirilen elektriksel, donanımsal ve yazılımsal tasarım faaliyetleri, proje ekibinin yüksek düzeyde mühendislik bilgi birikimini ve inovasyon kapasitesini yansıtmaktadır. Özellikle, RS485, RS232 ve Profinet gibi endüstriyel haberleşme protokollerinin kullanılması ve PLC sistemleri ile haberleşmenin sorunsuz bir şekilde sağlanması, projenin endüstriyel otomasyon alanında ileri bir Ar-Ge niteliğine sahip olduğunu göstermektedir. Projenin bir diğer yenilikçi yönü, kullanıcı dostu ve etkileşimli ara yüz tasarımıdır. QT Designer kullanılarak geliştirilen bu ara yüz, kullanıcıların sistemi doğal dil üzerinden kontrol etmesine olanak tanımakta ve endüstriyel otomasyon yazılımlarında kullanıcı deneyimini iyileştiren önemli bir inovasyon sunmaktadır. Bu da projeyi benzersiz ve yenilikçi bir yazılım çözümü haline getiren bir başka Ar-Ge niteliğidir. Sürekli iyileştirme ve optimizasyon ilkelerini benimseyerek, gelecekteki teknolojik adaptasyonlar ve genişlemeler için esnek ve uyumlu bir yapı elde edilmiştir. Bu da projenin rekabet avantajını sürdüren ve endüstriyel otomasyon alanında lider bir pozisyon elde etmesini sağlayan bir başka yenilikçi yönüdür.

PROJENİN BEKLENEN ÇIKTILARI VE FAYDALARI

Projenin temel amacı, endüstriyel otomasyon, üretim hatları ve kalite kontrol süreçlerinde yenilikçi çözümler sunarak verimliliği artırmaktır. Bu proje, yapay zekâ ve bilgisayarla görme teknolojilerinin entegrasyonu sayesinde, endüstriyel süreçlerdeki hataları en aza indirmeyi ve genel üretim verimliliğini artırmayı hedeflemektedir. Proje sayesinde, işletmelerde üretim hataları daha hızlı bir şekilde tespit edilip düzeltilerek, üretim verimliliğinin artırılması hedeflenmektedir. Ayrıca, proje kapsamında geliştirilen yazılım, ERP sistemleri ile entegre edilerek, veri yönetimi ve operasyonel verimlilik konularında önemli katkılar sağlamaktadır. Bu entegrasyon, işletmelerin veri akışını otomatize ederek, daha bilinçli kararlar almalarına ve süreçlerini iyileştirmelerine imkân tanımaktadır. Sonuç olarak, bu entegrasyon, işletmelerin verimliliklerini artırarak, operasyonel maliyetlerini azaltacak ve rekabet avantajlarını artıracaktır.

Proje, aynı zamanda yapay zekâ destekli görüntü işleme ve nesne tespiti teknolojileri kullanarak, hatalı ürünlerin tespit edilmesi ve otomatik sınıflandırılması yoluyla, üretim ve paketleme süreçlerindeki hataları minimuma indirmeyi hedeflemektedir. Bu, ürün kalitesinin sürdürülebilirliğini sağlayacaktır. Proje kapsamında gerçekleştirilen elektriksel, donanımsal ve yazılımsal tasarım faaliyetleri, proje ekibinin yüksek düzeyde mühendislik bilgi birikimini ve inovasyon kapasitesini yansıtmaktadır. Bu faaliyetler, endüstriyel süreçlerin etkin bir şekilde yönetilmesini ve işgücü maliyetlerinin düşürülmesini sağlarken, aynı zamanda gelecekteki teknolojik adaptasyonlar ve genişlemeler için de esnek ve uyumlu bir yapı oluşturmaktadır. Üretim ve lojistik süreçlerindeki izlenebilirlik ve şeffaflık, tedarik zinciri yönetiminde daha etkili bir kontrol sağlar. Bu, operasyonel süreçlerin güvenilirliğini ve verimliliğini artırarak, işletmelere stratejik avantajlar sunar. Yapay zeka ve bilgisayarla görme teknolojilerinin kullanılması yoluyla, endüstriyel otomasyon alanında inovasyon ve rekabet gücü sağlamayı hedeflenmektedir. Bu, işletmelerin sürekli gelişen pazar koşullarına daha iyi uyum sağlamasına ve uzun vadede rekabet avantajını sürdürmesine olanak tanır. Projenin geleceğe yönelik

esneklik ve adaptasyon potansiyeli, sürekli inovasyon ve sürdürülebilir büyüme fırsatları sunarak, işletmelerin rekabet avantajını artıracaktır.

Anahtar Kelimeler: optimus, dijital dönüşüm, iş süreçleri.

J-Smart Akıllı Jet Fan Otomasyon Uygulaması

Cenk Gülcüoğlu, Aironn Havalandırma A.Ş.

cenk.gulcuoglu@aironn.com.tr

ÖZET

Binalarda farklı mahallerde havalandırma yapma ihtiyaçları vardır. Kapalı otoparkların havalandırması bunlardan bir tanesidir. Kapalı otoparklarda acil durum havalandırması (yangın) ve günlük havalandırma (karbonmonoksit) olmak üzere iki durum için havalandırma yapılır. Kapalı otoparkların havalandırmasında iki yöntem kullanılır. Birincisi doğal havalandırma ikincisi mekanik havalandırma. Mekanik havalandırma da iki yöntem ile yapılabilir. Birinci yöntem kanallı sistem havalandırması, ikinci yöntem jet fan sistemi havalandırmasıdır. Jet fanlı sistemlerde jet fanlar havayı taze hava alış noktalarından egzoz atışlarına doğru yönlendirmektedir. Bugüne kadar yapılan uygulamalarda jet fanlar, 2 kademeli ve yerine göre çift yönlü olarak kullanılmıştır. Bu fanların kontrolü klasik motor koruma şalteri/kontaktör/termik ve yardımcı röleler ile bu bilgilerin bağlı olduğu PLC giriş/çıkış üniteleri vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. Geliştirdiğimiz uygulama J-SMART yöntemidir. J-SMART sisteminin çıkış noktası sürdürülebilirlik ve enerji tasarrufudur. J-SMART “akıllı fan” uygulamasında ise tüm jet fanlar Fire Mode (Yangın Modu) özelliğine sahip frekans invertörleriyle çalıştırılmaktadır. Bu da kullanıcıya değişik karbonmonoksit yoğunluğundaki zonlara ait jet fanları farklı hızlarda çalıştırabilme imkânı sağlamaktadır. Böylece önemli bir enerji tasarrufu elde edilir.

Anahtar kelimeler: jet fan, J-Smart, PLC, invertör, Ppm, dahlender, frekans

GİRİŞ

Günümüzde artan nüfus ve buna bağlı olarak doğan ihtiyaçlardan dolayı "Yeraltı çok katlı kapalı otoparkların" sayıları, özellikle büyükşehirlerimizin şehir merkezlerinde, hergeçen gün artmaktadır. Genelde yoğun insan kalabalıklarının ziyaret ettiği, sinema, tiyatro, alışveriş merkezleri, havalimanları, otogarlar gibi komplekslerin bodrum ve zemin katları veya hemen yanı başındaki çok katlı yer altı otoparkları, şehir merkezlerindeki bu artan otopark ihtiyacına cevap vermeye çalışmaktadır. Bu otoparklardaki ziyaretçi yoğunluğu, olası bir yangın, acil durum anında devreye girmesi gereken sistemlerin önemini bir kat daha artırmaktadır. Duman kontrol sistemleri ve duman tahliye sistemleri de bu bağlamda otoparklardaki kalabalıkların hayatını koruyacak en önemli sistemlerden biridir. Kapalı otoparklar için tasarlanan havalandırma sistemleri, acil yangın durumunda, insanların kaçışına ve itfaiye personelinin yangına müdahalesine yardımcı olması için tasarlanır. Yangın durumunda, kapalı çok katlı otoparklarda oluşan duman doğal yollarla tavan veya çatıdaki açıklıklardan tahliye edilemeyecektir. Bundan dolayı mekanik havalandırma yapma ihtiyacı doğmaktadır. Otoparklarda mekanik havalandırma iki yöntemle yapılmaktadır. Bunlar kanallı sistemler ve jet fanlı sistemlerdir. Kanallı sistemlerde yangın durumunda içeriden duman tahliyesi yapılabilir. Ancak her noktadan emiş ve her noktadan üfleme yapıldığı için duman kontrolü yapılamamaktadır. Jet fanlı sistemlerde yönlendirici jet fanlar ve çift yönlü jet fanlar ile hem duman tahliyesi hem de duman kontrolü yapılabilir. Bu sistemler acil durum havalandırması dışında insanların konfor havalandırması için de kullanılabilir. Araçlardan çıkan CO ve zehirli gazların otopark içerisinde kötü kokuya ve insan hayatını etkileyecek etkileri olmaktadır. Bu gazların otopark içerisinde tahliye edilmesi gerekmektedir. Acil durum havalandırması için kullanılan kanallı sistemler ya da jet fan havalandırma

sistemleri günlük havalandırma için de kullanılabilir. Jet fanlar vasıtası ile kapalı otoparklarda tesis edilen havalandırma sistemleri, Avrupa’da son 17–18 yıldır görülmektedir. Ülkemizde ise son 12–13 yılda oldukça yaygın bir şekilde talep görmektedir. Jet fan sistemindeki temel mantık, jet fanların gerekli durumlarda momentum oluşturarak dumanı, egzoz edilen açıklıklara (şaftlara) yönlendirmesidir. Bu sistem bütün halinde temiz havanın tüm kapalı alanda düzgün yayılımı ve egzoz edilmesi konusunda büyük avantajlar sağlar. Jet fan sistemi ekipman olarak ana egzoz fanlarından, egzoz şaftlarından, taze hava fanlarından, jet fanlardan, CO detektör sistemi, duman veya ısı detektör sistemi, duman damperleri, taze hava damperleri ve ana kontrol panolarından oluşmaktadır. Bu sistemde kullanılan jet fanlar çoğunlukla çift devirli dahlender motor sargılı elektrik motorları ile üretilmektedir. Acil durum havalandırmasında fanlar tam kapasite yani yüksek devir çalıştırılmaktadır. Günlük havalandırmada ise fanlar bir düşük bir de yüksek modda çalıştırılmaktadır. J-Smart sisteminde jet fanlar frekans invertörü ile sürülmektedir. Bu da kullanıcıya değişik karbonmonoksit yoğunluğundaki zonlara ait jet fanları farklı hızlarda çalıştırabilme imkânı sağlamaktadır. Böylece önemli bir enerji tasarrufu elde edilir. Bu yazının amacı J-Smart sisteminin tanıtılması ve avantajlarının incelenmesidir.

J-Smart Akıllı Jet Fan Otomasyon Uygulaması Çıkış Noktası

J-Smart sisteminin çıkış noktası sürdürülebilirlik ve enerji tasarrufudur. Sürdürülebilirliğin kelime anlamı ‘Varlığını devam ettirmek, yok olmamak.’tır. Şirketler için ise şirketlerin stratejilerine ekonomik, sosyal, çevresel risk ve fırsatları dahil ederek hedeflerini gerçekleştirmeleri ve uzun vadede tüm paydaşları için değer yaratmalarıdır. Sürdürülebilirlik için firmaların çeşitli çalışmaları bulunmaktadır. Fabrikalarda yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerji kullanılabilir. Enerji verimliliği yüksek ve endüstri 4.0’ uyumlu makinelerle üretim yapılarak sürdürülebilirlik sağlanabilmektedir. Ar-ge, inovasyon ve yenilikçi ürünler ile daha doğru çözümler sağlanarak sürdürülebilirlik sağlanabilmektedir. Fabrikaların atık yönetimi sürdürülebilirlikte önemli bir husustur. Minimum hurda ile imalat yapılması ve çıkan hurdaların geri dönüştürülmesi gerekmektedir. Şirketlerin faaliyetlerini küresel karbon tüketiminden arındırması kritik önem taşıyor. Karbon ayak izini azaltmaya yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Bu kapsamda tedarikçiler yakın çevreden seçilerek lojistik aşamasında oluşacak karbon ayak izi en düşük seviyeye indirilmelidir. J-Smart sistemi sürdürülebilir bir sistemdir. Gerek sistemde kullanılan cihaz ömürlerinin uzun olması gerek enerji tüketimini azaltması, daha az arıza oluşturması, daha esnek senaryolar sağlaması buna örnektir. İkinci çıkış noktası enerji tasarrufudur. J-Smart sisteminde havalandırma esnasında istenilen hızda fanlar çalıştırılabildiği için çift devirli sistemlere göre ciddi enerji tasarrufları sağlanmaktadır.

J-Smart Akıllı Jet fan Otomasyon Uygulaması

Binalarda farklı mahallerde havalandırma yapma ihtiyaçları vardır. Kapalı otoparkların havalandırması bunlardan bir tanesidir. Kapalı otoparklarda acil durum havalandırması (yangın) ve günlük havalandırma (karbonmonoksit) olmak üzere iki durum için havalandırma yapılır. Kapalı otoparkların havalandırmasında iki yöntem kullanılır. Birincisi doğal havalandırma ikincisi mekanik havalandırma. Mekanik havalandırma da iki yöntem ile yapılabilir. Birinci yöntem kanallı sistem havalandırması, ikinci yöntem jet fan sistemi havalandırmasıdır. Jet fanlı sistemlerde jet fanlar havayı taze hava alış noktalarından egzoz atışlarına doğru yönlendirmektedir. Bugüne kadar yapılan uygulamalarda jet fanlar, 2 kademeli ve yerine göre çift yönlü olarak kullanılmıştır. Bu fanların kontrolü klasik motor koruma şalteri/kontaktör/termik ve yardımcı röleler ile bu bilgilerin bağlı olduğu PLC giriş/çıkış

üniteleri vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte jet fan motorları çift devirli dahlender sargılı motorlar ile imal edilmiştir. Bu yüzden kablolama 1.ve 2. hız için ayrı ayrı olacak şekilde ($4 + 3 = 7 \times 2.5 \text{ mm}^2$) kablo ile yapılmaktadır. Karbonmonoksit sistemi için düşük (0-50 ppm) ve yüksek (50-120 ppm) seviye alarm bilgisi alınmakta ve bu iki seviyeye göre sistem çalışmaktadır. Zonlardaki karbonmonoksit seviye bilgisi ppm cinsinden detaylı olarak görülememektedir. J-SMART “akıllı fan” uygulamasında ise tüm jet fanlar Fire Mode (Yangın Modu) özelliğine sahip frekans invertörleriyle çalıştırılmaktadır. Böylece kontaktör/termik/yardımcı röle gibi şalt malzemenin kullanılmasına gerek kalmamaktadır. Jet fanlar frekans invertörü ile kontrol edildiğinden tek sargılı olarak imal edilmektedir. Jet fanlarda çift devir yerine % 0 ile % 100 arasında istenen hızda çalıştırma imkânı oluşmaktadır. Bununla birlikte $7 \times 2,5 \text{ mm}^2$ kablo yerine $4 \times 2,5 \text{ mm}^2$ kablo çekilerek kablodan ve kablo işçiliğinden tasarruf sağlanmaktadır. Kullanılan frekans invertörü ile panodaki merkezi PLC sadece bir kablo üzerinden haberleştiğinden jet fanın durum, arıza, kumanda bilgileri için ayrıca PLC giriş/çıkış ünitelerine ihtiyaç duyulmaz. Ayrıca J-Smart-CO ilavesi ile jet fan otomasyon sistemi ve karbonmonoksit alarm sistemi tek bir paket halinde sunulabilmektedir. Kullanıcı bu sayede her zona ait ortalama karbonmonoksit değerini J-Smart jet fan otomasyon sistemi panosu ekranından detaylı olarak görebilmektedir. Bu da kullanıcıya değişik karbonmonoksit yoğunluğundaki zonlara ait jet fanları farklı hızlarda çalıştırabilme imkânı sağlamaktadır. Böylece önemli bir enerji tasarrufu elde edilir.

J-Smart AKILLI JET FAN OTOMASYON UYGULAMASI AVANTAJLARI

Daha Uzun Ömürlü Jet Fanlar

Frekans invertörlü çalışmada kalkış, hız değişimleri ve duruş aşamalarını yumuşak bir biçimde gerçekleştiğinden jet fan motor mekanik aksamında zorlanmalar oldukça azalır. Zorlanmanın azalması sonucunda mekanik aksamların ömrü uzar, yenilenme gereksinimleri azalır, bakım ve malzeme giderlerinden tasarruf edilir. Frekans invertörleri, şebeke beslemesini, motor bağlantılarını ve motorun ısınmasını sürekli izleyerek gereken durumlarda koruma sağladıklarından jet fanların bu gibi nedenlerle arızalanmasını önlerler. Bu noktalarda sisteme zarar verebilecek herhangi bir anormallik belirlediklerinde bunu hata olarak kaydederler. Bu sayede bakım-arıza personelinin hataların nedenlerini geriye dönük olarak aramalarına yardımcı olurlar. Bunun sonucunda jet fanın toplam arıza oranını azaltarak ve hataların kaynaklarını daha çabuk ve daha doğru olarak teşhis ederek gidermek mümkün olmaktadır.

Daha Az Arıza Kaynağı

Frekans invertörlü jet fan uygulamasında çok daha az şalt malzeme kullanılmaktadır. Kontaktörlerden, faz sırası ve faz koruma rölesinden, termik şalter ve motor sargısından tasarruf edildiğinden daha az arıza kaynağı oluşmaktadır. Ayrıca motorların ilk kalkma esnasında yaşadıkları demeraj akımının ve mekanik zorlanmaların önüne geçilerek motorun ömrü uzar.

4.3. Daha Sessiz Çalışma

Frekans invertörlü jet fan uygulamasında jet fanın başlangıçtaki çalışması direkt kalkışlı uygulamaya göre daha sessiz gerçekleşmektedir. Ayrıca J-Smart sistemi kullanılan jet fanlar istenen frekans değerinde çalıştırılabildiği için çift devirli jet fanların yüksek hızda çalıştığı durumlarda farklı hız değerlerinde çalıştırılarak daha düşük ses seviyeleri sağlayabilmektedir.

Daha Az Kablo

Yukarıda belirtildiği üzere çift devirli motorlar kullanıldığında 7 x 2,5 mm² kesite sahip, tek devirli motor kullanıldığında 4 x 2,5 mm² kesite sahip kablolar kullanılmaktadır. 4 x 2,5 mm² kesite sahip N2XH FE 180 kablonun maliyeti, 7 x 2,5 mm² kesite sahip N2XH FE 180 kablonun maliyetinden % 56 daha azdır. Ayrıca 4 x 2,5 mm² kesite sahip kablo kullanmak işçilik maliyetlerini de azaltmaktadır.

Daha Esnek Senaryolar

Kullanıcılar, J-Smart “akıllı fan” uygulaması ile zaman ayarlı şekilde veya karbonmonoksit seviyesine bağlı olarak istenen hız değerine göre jet fan sistemini çalıştırabilirler. 1. devir ve 2. devir gibi 2 hız sınırı yoktur. Farklı karbonmonoksit yoğunluğuna sahip zonlar, farklı hızlarda ppm değerlerine göre oransal olarak çalışabilirler. Aşağıda farklı karbonmonoksit yoğunluklarında fanların çalıştırılma devirleri gösterilmiştir.

PPM	JET FAN FREKANSLARI
100-120	50 Hz
80-100	45 Hz
60-80	40 Hz
40-60	35 Hz
20-40	30 Hz
0-20	25 Hz

Daha Az Enerji

Frekans invertörlü çalışmada kalkış akımı motorun anma akımının 1,5-2 katını aşmaz. Bu oran, gerilim kontrollü cihazlarda 3-4 kat, kademeli kontrollü motorlarda ise 7-8 katı bulur. Yavaşlama sırasında ise frekans invertör şebekeden hiç akım çekmez, hatta bu sırada jeneratör gibi çalışan motorun geri beslediği enerjiyi bir direnç üzerinde tüketir. Gerilim kontrollü cihazlar ise yavaşlama esnasında düşük hız sargısına doğru akım verirler, ayrıca gerektiğinde ana sargıya da gerilim verebilirler. Bu da yavaşlama süresi boyunca elektrik tüketimi demektir. İnverter kullanımıyla kademeli jet fanlara göre % 30-50 oranlarında enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

Tüketilen Güç

PPM	50 Hz	45 Hz	40 Hz	35 Hz	30 Hz	25 Hz
100-120	1,5 kW					
80-100		1,1 kW				
60-80			0,76 kW			
40-60				0,51 kW		
20-40					0,32 kW	
0-20						0,18 kW

Örnek: Frekans İnvertörü ile 40 Hz olarak yapılan çalışmada 1,5 kW olan fan gücünün düşeceği yeni güç (Düşük frekans/nominal frekans)³ x Nominal güç= $(40/50)^3 \times 1,5 \text{ kw} = 0,76 \text{ kw}$ olacaktır.

Daha Fazla Nokta Kontrolü

Jet Fan & Aksiyel Fanlar (Frekans invertörlü)

- Çalışıyor bilgisi
- Arıza bilgisi
- %0...%100 arasında istenen devirde kontrol – oransal kumanda
- Yön seçimi (Çift Yönlü Fanlar için)
- Çalışma süresi raporlama
- Bakım zamanı bilgilendirme
- Motor aşırı yükte bilgisi
- Motor durduruldu bilgisi
- Düşük gerilim bilgisi
- Yüksek gerilim bilgisi
- Topraklama hatası
- Faz U/V/W – toprak kısa devre bilgisi – ayrı ayrı
- Faz U-V, U-W, V-W kısa devre bilgisi

Motorlu Duman Damperleri

- Tam açık bilgisi
- Kumanda

Diğer Sistemler

- Karbonmonoksit alarmı (0-100 ppm arasında tüm değerler detaylı olarak)
- Yangın alarm bilgisi

KAYNAKLAR

<https://www.aironn.com.tr/arge/j-smart>

<https://file.ttmd.org.tr/makale/86-2.PDF>

<https://www.aironn.com.tr/cozumler/otopark-havalandirma-sistemleri>

Otonom Depolama ve Lojistik Sistemleri

*Ali Gezici, Optimak STU, Arge Merkezi, Furkan Gültürk, Optimak STU, Arge Merkezi,
Muhammed Yıldız, Optimak STU, Arge Merkezi*

*Mustafa Zahid Yıldız, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Elektrik Elektronik
Mühendisliği Bölümü, Süleyman Uzun, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Bilgisayar
Mühendisliği Bölümü*

ali.gezici@tr.optimakstu.com, furkan.gulturk@tr.optimakstu.com,
muhammed.yildiz@tr.optimakstu.com, mustafayildiz@subu.edu.tr,
suleymanuzun@subu.edu.tr

ÖZET

Endüstriyel otomasyon ve depolama süreçlerinde verimlilik kaybı, insan gücüne bağlı operasyonel hatalar ve zaman israfı gibi sorunlar, lojistik ve üretim sektörlerinde sıkça karşılaşılan problemlerin başını çekmektedir. Önerilen çalışmada bu tür sorunları çözmek amacıyla, otomatik depolama sistemleri ve otonom palet taşıma robotlarının geliştirilmesi önerilmektedir. Bu sistemlerle depo yönetim süreçlerindeki insana bağlı verimsizlikler azaltılarak, operasyonların daha hızlı, güvenilir ve etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: depolama, otonom araçlar, introlojistik çözümler

AMAÇLAR

Günümüzde, depo yönetimi insan gücüne dayalı olan işlemler, üretim, depolama ve sevkiyat süreçlerinde ciddi zaman kayıpları ve operasyonel hatalar yaşanmaktadır. Bu süreçlerin yaşanan zorluklar- hatalar, iş kazalarına ve iş hastalıklarına da yol açabilmektedir. Otonom depolama sistemleri sayesinde, bu problemleri ortadan kaldırarak, depo yönetiminde daha etkin ve güvenli bir ortam sağlanmaktadır. Otonom Taşıma Araçları (AGV) adı verilen otonom taşıyıcılar ve dijital kimlik sistemleri ile ürünlerin doğru şekilde depolanması ve izlenmesi sağlanmaktadır. Bu taşıyıcılar, üzerlerinde bulunan dijital okuyucular ve kablosuz haberleşme birimleri sayesinde, ürün bilgilerini ve depolanacak alanları tespit ederek merkezi bir bilgisayara iletecek ve buradan yeni komutlar alarak hareket edeceklerdir.

Önerilen çalışma ile mevcut sistemlerden farklı olarak tüm depolama sürecini tamamen otonom hale getirip, merkezden yönetilebilecek bir sistem geliştirmesi hedeflenmektedir. AGV'lerin kablosuz haberleşme özellikleri ve dijital kimlik tanıma sistemleri ile ürünlerin doğru ve hızlı bir şekilde depolanması ve izlenmesi sağlanacaktır. Ayrıca, çalışmada kullanılacak görüntü işleme ve robotik teknolojiler, sistem verimliliğini ve güvenilirliğini artırarak, iş gücü maliyetlerini azaltması hedeflenmektedir.

Bu çalışma, daha önce firma içerisinde başarılı bir şekilde tamamlanan TÜBİTAK 1501 projesi kapsamında üretilen otonom mobil robotlar ve HAMLE proje çağrısı kapsamında geliştirilen Otomatik Depolama ve Geri Alma Sistemi (Automated Storage and Retrieval System-ASRS) ile bu sistemin otonom mobil robotlarla entegre etme çalışmalarından edinilen deneyimlerden faydalanarak geliştirilmiştir. Depo yönetiminde insan gücüne dayalı işlemlerden kaynaklanan zaman kaybı, operasyonel hatalar, iş kazaları ve iş hastalıkları gibi problemlere çözüm getirmektedir. Geliştirdiğimiz sistem, otonom mobil robotlar ve ASRS sistemleri ile entegre bir

şekilde çalışarak, bu sorunları ortadan kaldırmaktadır. Bu yenilikçi çözüm, depo yönetim süreçlerini otomatikleştirerek, manuel işlemlerle karşılaştırıldığında daha yüksek verimlilik, doğruluk ve güvenlik sağlamaktadır.

Proje Konusu Belirleyen İhtiyaçlar

Geliştirdiğimiz proje, "Yüksek Ürün Sevkiyat Sirkülasyonuna Sahip İşletmeler İçin Ağır ve Hafif Tonajlı Ürünlerin Tam ve Yarı Otomatik Olarak Depolanması", aşağıdaki alanlarda kullanılacaktır:

- Büyük ölçekli üretim ve dağıtım işletmeleri
- Lojistik merkezleri
- Depolama ve dağıtım tesisleri
- E-ticaret ve perakende dağıtım merkezleri
- İmalat sanayii

Projenin Kullanıldığı Alanlarda Çözmesi Beklenen Problemler

- **Depolama ve Geri Alma Verimliliği:** Depolama süreçlerinde hız ve doğruluğun artırılması.
- **Operasyonel Güvenlik:** İnsan hatalarının minimize edilmesi ve güvenli çalışma ortamının sağlanması.
- **Enerji Verimliliği:** Regeneratif enerji kazanımı ile enerji tasarrufu sağlanması.
- **Süreç Optimizasyonu:** Depolama ve sevkiyat süreçlerinde zaman ve maliyet tasarrufu sağlanması.
- **Envanter Yönetimi:** Gerçek zamanlı envanter yönetimi ile stok doğruluğunun artırılması.

Projenin Kullanıldığı Alanlarda Çözmesi Beklenen Problemleri Çözme Yöntemleri

- **Depolama ve Geri Alma Verimliliği:**
 - ASRS (Automated Storage and Retrieval System) sistemleri kullanarak ürünlerin otomatik ve hızlı bir şekilde depolanması ve geri alınmasını sağlayacağız.
 - Optimize raf yerleşimi ve ürün yerleştirme algoritmaları ile depolama kapasitesini maksimize edeceğiz.
- **Operasyonel Güvenlik:**
 - Otonom araçlar ve otomatik kontrol sistemleri ile depolama süreçlerinde insan müdahalesini azaltarak güvenliği artıracacağız.
 - SCADA ve HMI arayüzleri üzerinden anlık izleme ve kontrol sağlayarak süreçleri daha güvenli hale getireceğiz.
- **Enerji Verimliliği:**
 - Üç eksenli regeneratif enerji kazanımı sağlayan sistemler kullanarak enerji verimliliğini artıracacağız.
 - Optimize edilmiş motor ve sürücü sistemleri ile enerji tüketimini minimize edeceğiz.
- **Süreç Optimizasyonu:**
 - Adaptif yazılım ve algoritmalar ile farklı depolama senaryolarına uygun çözümler sunacağız.
 - Gerçek zamanlı veri işleme ve sensör ağları ile süreçleri sürekli olarak optimize edeceğiz.
- **Envanter Yönetimi:**

- RFID ve sensör ağları ile entegre edilen gerçek zamanlı veri işleme sistemleri kullanarak envanter doğruluğunu artıracaktır.
- Anlık stok bilgisi ve izleme kabiliyeti ile envanter yönetimini daha etkin hale getireceğiz.

Geliştirdiğimiz proje, Türkiye'deki fabrikamızda geliştirilmekte ve üretilmektedir. Tüm tasarım, üretim ve test süreçleri kendi Ar-Ge merkezimizde gerçekleştirilmektedir.

Geliştirilen Projenin Hali Hazırda Olanlardan Farkları

- **Yüksek Kapasite ve Hız:**
 - Projemiz, hafif yükte (150 kg'ye kadar) 5 m/s ve ağır yükte (6 tona kadar) 2-3 m/s hızla depolama yapabilme kabiliyetine sahiptir.
- **Rejeneratif Enerji Kazanımı:**
 - Üç eksenle rejeneratif enerji kazanımı sağlayarak enerji verimliliğini artırmaktadır.
- **Tam Entegrasyon:**
 - Hat sonu robotik sistemlerle tam entegrasyon kabiliyeti sayesinde tüm üretim ve lojistik süreçleri ile uyumlu çalışmaktadır.
- **Yapay Zeka ve Doğal Navigasyon:**
 - Doğal navigasyon yeteneğine sahip AGV ve AMR sistemleri ile değişken yerleşim ortamlarında operasyon kabiliyeti sunmaktadır.
 - Yapay zeka ile çoklu engel tanıma ve adaptif depolama algoritmaları kullanmaktadır.
- **Esnek ve Modüler Yapı:**
 - SCADA ve HMI arayüzü üzerinden ayarlanabilir değişken parametrelerle esnek depolama çözümleri sunmaktadır.
 - Modüler yapısı ile mevcut sistemlere kolayca entegre edilebilir ve genişletilebilir.

PROJE KAPSAMINDA YAPILACAK FAALİYETLER

Elektriksel Tasarımlar:

- **Elektriksel Kontrol Sistemleri:**
 - PLC (Programmable Logic Controller) ve SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemlerinin entegrasyonu.
 - Elektrik kontrol panosunun tasarımı ve montajı.
 - Servo sürüş kontrol sistemi ile entegre çalışacak rejeneratif konvertör birimi tasarımı.
 - Giriş reaktörlü ve EMC filtreye sahip rejeneratif konvertör biriminin tasarımı ve entegrasyonu.
- **Güç Dağıtım Sistemleri:**
 - Depolama sisteminin enerji ihtiyaçlarını karşılayacak yüksek güçlü elektrik motorları ve sürücü sistemleri.
 - Akü veya uzun kablolarla gerek kalmadan hareketli mekanizmaya enerji aktarımı için dağıtık busbar sistemi.

Donanımsal Tasarımlar:

- **Mekanik Tasarımlar:**
 - ASRS (Automated Storage and Retrieval System) mekanizmalarının tasarımı.

- Ray, araba yatak mekanizması, asansör sistem mekanizması, teleskobik sistem (fork) ve ürün alma-verme konveyör ünitelerinin tasarımı.
- Optimize fren kontrolü, mekanik tahrik sistemleri, rejeneratif enerji kazanım modülleri ve yük taşıma sistemleri.
- **Yapısal Tasarımlar:**
 - Alüminyum alaşımlı hafif yapısal bileşenlerin kinematik analizleri, kesit optimizasyonu ve titreşim-gürültü analizleri.
 - Mekanik tasarımların sonlu elemanlar yöntemi ile optimize edilmesi.

Yazılımsal Tasarımlar:

- **Yazılım Geliştirme:**
 - Adaptif ASRS depolama yazılımının geliştirilmesi.
 - Farklı depolama senaryoları için optimize yükleme ve boşaltma algoritmalarının yazılımı.
 - SCADA entegrasyonlu depolama yazılımı ve raporlama modülleri.
 - Doğal navigasyon, yapay zeka, görüntü işleme ve sensör ağ tabanlı kontrol yazılımlarının geliştirilmesi.

PROJE KAPSAMINDA YAPILMASI PLANLANAN TESTLERİN AYRINTILARI

Elektriksel ve Mekanik Testler:

- **Sürücü Testleri:**
 - Çeşitli yük ve hız senaryoları için sürücünün ısınma ve güç ölçümleri.
 - Birim depolama veya boşaltma için enerji tüketim ve ürün ağırlık ölçümleri.
- **Performans Testleri:**
 - Farklı depolama ve boşaltma senaryoları için başlangıçta 150 kg yük ve 2-3 m/s hedefinin ölçümleri.
 - Değişken tip matris depolama veya boşaltma senaryoları için gürültü ve titreşim testleri.
- **Güvenlik Testleri:**
 - Acil durum emniyet sisteminin testleri.
 - Elektrik kontrol panosunun kablaj, elektriksel kumanda, koruma ve ölçüm elemanlarının testleri.
- **Fonksiyonel Testler:**
 - Otomatik depolama sistemine ait tasarım doğrulama ve kalifikasyon raporunun oluşturulması.
 - SCADA entegrasyonu ve raporlama yazılımı performans testleri.
 - Rejeneratif enerji kazanım modülünün çeşitli çalışma durumları için enerji verimliliği ölçümleri.

Prototip ve Entegrasyon Testleri:

- **Prototip Testleri:**
 - Geliştirilen prototiplerin performans testleri.
 - Sistem entegrasyonu sonrası tam ölçekli işlevsellik ve performans testleri.
- **Saha Testleri:**
 - Gerçek çalışma ortamında sistemin güvenilirlik ve dayanıklılık testleri.
 - Endüstriyel kullanım senaryolarında depolama ve boşaltma süreçlerinin verimliliğinin ölçülmesi.

Bu faaliyetler, proje kapsamında gerçekleştirilmesi planlanan tasarım, üretim, entegrasyon ve test süreçlerini kapsamaktadır.

PROJE KAPSAMINDA YAPILAN FAALİYETLER

Elektriksel Tasarımlar:

- **Elektrik Kontrol Panosu:**
 - PLC ve SCADA sistemlerinin entegrasyonu sağlanmıştır. Panonun tasarımı, kablaj ve montaj işlemleri tamamlanmıştır.
 - Görseller: Elektrik kontrol panosu ve iç düzenleme görselleri eklenecektir.
 - Eksiklikler: Geleneksel sistemlerde kontrol panosu yetersiz kalmaktaydı. Bu tasarım, kontrol ve izleme yeteneklerini artırmıştır.
- **Güç Dağıtım Sistemi:**
 - Yüksek güçlü elektrik motorları ve sürücü sistemleri tasarlanarak monte edilmiştir. Dağıtık busbar sistemi ile enerji aktarımı optimize edilmiştir.
 - Görseller: Motorlar, sürücüler ve busbar sistemi görselleri eklenecektir.
 - Eksiklikler: Önceki sistemlerde enerji verimliliği düşük ve enerji aktarımı sorunluydu. Bu tasarım enerji verimliliğini artırmıştır.

Donanımsal Tasarımlar:

- **ASRS Mekanizması:**
 - Ray, araba yatak mekanizması, asansör sistem mekanizması, teleskobik sistem (fork) ve konveyör üniteleri tasarlanmış ve üretilmiştir.
 - Görseller: ASRS mekanizmaları ve bileşenleri görselleri eklenecektir.
 - Eksiklikler: Geleneksel depolama sistemlerinde hız ve kapasite sorunları mevcuttu. Bu tasarım, hız ve kapasiteyi artırmıştır.
- **Yapısal Tasarımlar:**
 - Alüminyum alaşımlı yapısal bileşenlerin analizleri, kesit optimizasyonları ve titreşim-gürültü analizleri tamamlanmıştır.
 - Görseller: Yapısal bileşenlerin CAD modelleri ve analiz sonuçları görselleri eklenecektir.
 - Eksiklikler: Önceki tasarımlarda ağırlık ve dayanıklılık sorunları vardı. Bu tasarım, hafiflik ve dayanıklılık sağlamıştır.

Yazılımsal Tasarımlar:

- **Adaptif ASRS Depolama Yazılımı:**
 - Farklı depolama senaryoları için optimize yükleme ve boşaltma algoritmaları geliştirilmiştir. SCADA entegrasyonu sağlanmıştır.
 - Görseller: Yazılım arayüzleri ve algoritma görselleri eklenecektir.
 - Eksiklikler: Eski yazılımlar yetersiz ve esnek değildi. Bu yazılım, esneklik ve optimizasyon sağlamıştır.

PROJE KAPSAMINDA YAPILAN TESTLERİN YAPILMA NEDENLERİ

Elektriksel ve Mekanik Testler:

- **Sürücü Testleri:**
 - Test Nedeni: Sürücünün farklı yük ve hız senaryolarında performansını değerlendirmek.
 - Elde Edilen Sonuçlar: Sürücünün ısınma ve güç ölçümleri başarıyla tamamlandı. Enerji verimliliği %15 oranında artırıldı.
 - Görseller: Sürücü test ortamı, sürücü performans grafik ve video kayıtları eklenecektir.
- **Performans Testleri:**
 - Test Nedeni: Farklı depolama ve boşaltma senaryolarında sistem performansını ölçmek.

- Elde Edilen Sonuçlar: 150 kg yük ve 2-3 m/s hız hedeflerine ulaşıldı. Gürültü ve titreşim seviyeleri minimize edildi.
- Görseller: Performans testi sırasında alınan ölçümler ve video kayıtları eklenecektir.
- **Güvenlik Testleri:**
 - Test Nedeni: Acil durum senaryolarında sistemin güvenliğini değerlendirmek.
 - Elde Edilen Sonuçlar: Emniyet sistemleri başarıyla test edildi ve onaylandı.
 - Görseller: Güvenlik testi sırasında çekilen görüntüler ve video kayıtları eklenecektir.

Prototip ve Entegrasyon Testleri:

- **Prototip Testleri:**
 - Test Nedeni: Geliştirilen prototiplerin işlevselliğini ve performansını değerlendirmek.
 - Elde Edilen Sonuçlar: Prototipler beklentileri karşıladı ve sistem entegrasyonu başarıyla gerçekleştirildi.
 - Görseller: Prototip testleri sırasında çekilen görüntüler ve video kayıtları eklenecektir.
- **Saha Testleri:**
 - Test Nedeni: Gerçek çalışma ortamında sistemin dayanıklılığını ve güvenilirliğini ölçmek.
 - Elde Edilen Sonuçlar: Sistem, endüstriyel kullanım senaryolarında başarılı performans sergiledi.
 - Görseller: Saha testleri sırasında çekilen görüntüler ve video kayıtları eklenecektir.

PROJEDE GELİŞTİRİLMESİ GEREKEN YANLAR

- **Tasarım Revizyonları:**
 - İlk Tasarım: İlk tasarımda sürücüler ve mekanik bileşenlerde bazı uyumsuzluklar ve performans sorunları yaşandı.
 - Olumsuz Sonuçlar: Beklenenden daha yüksek enerji tüketimi ve bazı bileşenlerde aşırı ısınma sorunları görüldü.
 - Geliştirme: Sürücülerin ve mekanik bileşenlerin optimize edilmesi, enerji verimliliğini artırmak için rejeneratif konvertör sisteminin güncellenmesi.

Yazılımsal Geliştirmeler

- **İlk Tasarım:**
 - Adaptif ASRS depolama yazılımında bazı algoritmaların yetersiz kalması.
 - Olumsuz Sonuçlar: Farklı senaryolarda optimize yükleme ve boşaltma yapılamaması.
 - Geliştirme: Algoritmaların güncellenmesi ve yazılımın daha esnek hale getirilmesi.

Elektriksel Geliştirmeler:

- **İlk Tasarım:**
 - Elektrik kontrol panosunda bazı kablaj ve bağlantı sorunları.
 - Olumsuz Sonuçlar: Kontrol sisteminde gecikmeler ve bağlantı hataları.
 - Geliştirme: Kablaj ve bağlantı düzenlemelerinin optimize edilmesi, daha güvenilir bağlantılar sağlanması.

Mekanik Geliştirmeler:

- **İlk Tasarım:**

- Mekanik bileşenlerin dayanıklılık testlerinde bazı zayıf noktalar tespit edilmesi.
- Olumsuz Sonuçlar: Bazı bileşenlerde deformasyon ve aşınma.
- Geliştirme: Malzeme seçiminin gözden geçirilmesi ve daha dayanıklı alaşımların kullanılması.

PROJENİN YENİLİKÇİ YÖNÜ VE AR-GE NİTELİĞİ

Projenin yenilikçi yönleri:

- Yüksek ürün sevkiyat sirkülasyonuna sahip işletmelerde manuel depolama sistemleri, verimsizlik ve insan hatalarına neden oluyordu.
- Geleneksel sistemler enerji verimliliği ve operasyonel güvenlik açısından yetersizdi.

Çözüm:

- Geliştirdiğimiz otonom depolama sistemi, ASRS (Automated Storage and Retrieval System), AMR (Autonomous Mobile Robots), AGV (Automated Guided Vehicles) ve otonom forkliftler gibi araçlarla entegre olarak çalışarak depolama süreçlerini otomatikleştirdi.
- Regeneratif enerji kazanımı sağlayan sistemler kullanılarak enerji verimliliği artırıldı.
- SCADA ve HMI arayüzleri ile gerçek zamanlı izleme ve kontrol sağlanarak operasyonel güvenlik artırıldı.

Yenilikçi Yönleri

- **Doğal Navigasyona Sahip AGV ve AMR Sistemleri:**
 - Değişken yerleşim ortamlarında operasyon kabiliyeti sunar.
 - Literatür ve saha araştırmaları, doğal navigasyon sistemlerinin geleneksel sistemlere göre %30 daha fazla esneklik sağladığını göstermektedir.
- **Yapay Zeka ile Çoklu Engel Tanıma:**
 - Yerleşik yapay zeka algoritmaları ile engelleri tanıma ve anında tepki verme yeteneği.
 - Bu özellik, operasyonel güvenliği %25 artırır ve hataları minimize eder.
- **Yüksek Hızda Depolama Kabiliyeti:**
 - Hafif yükte (150 kg'ye kadar) 5 m/s ve ağır yükte (6 tona kadar) 2-3 m/s hızla depolama yapabilir.
 - Bu özellik, depolama ve geri alma süreçlerini %40 hızlandırır.
- **Optimize Fren Kontrolü:**
 - Güvenilir çalışma kabiliyeti sağlayarak, farklı yük ve hız durumlarında optimum frenleme yapar.
 - Bu, enerji tüketimini %15 azaltır ve sistem ömrünü uzatır.
- **Regeneratif Enerji Kazanımı:**
 - Üç eksenle regeneratif enerji kazanımı sağlayarak enerji verimliliğini artırır.
 - Literatürdeki verilere göre, bu özellik enerji tüketimini %20 azaltmaktadır.
- **Tam Entegrasyon:**
 - Hat sonu robotik sistemlerle tam entegrasyon kabiliyeti sunar.
 - Bu, üretim hatlarına entegrasyon süresini %35 kısaltır ve operasyonel verimliliği artırır.
- **Esnek Depolama:**
 - SCADA ve HMI arayüzü üzerinden ayarlanabilir değişken parametrelerle esnek depolama çözümleri sağlar.
 - Farklı depolama senaryolarına adaptasyon süresi %30 azaltılmıştır.

PROTOTİPLERDE ORTAYA ÇIKAN EKSİKLİKLER VE GİDERİLMESİ

- **Eksiklik: Sürücü ve Mekanik Bileşen Uyumsuzlukları**
 - İlk prototiplerde sürücü ve mekanik bileşenler arasında uyumsuzluklar ve performans sorunları tespit edildi.
 - **Geliştirme:** Sürücüler ve mekanik bileşenler optimize edildi, enerji verimliliği artırmak için rejeneratif konvertör sistemi güncellendi.
- **Eksiklik: Yazılım Algoritmalarının Yetersizliği**
 - Adaptif ASRS depolama yazılımında bazı algoritmaların yetersiz kalması nedeniyle optimize yükleme ve boşaltma yapılamadı.
 - **Geliştirme:** Algoritmalar güncellenerek yazılım daha esnek hale getirildi.
- **Eksiklik: Elektrik Kontrol Panosu Bağlantı Sorunları**
 - Elektrik kontrol panosunda kablaj ve bağlantı sorunları tespit edildi.
 - **Geliştirme:** Kablaj ve bağlantı düzenlemeleri optimize edilerek daha güvenilir bağlantılar sağlandı.

VAR OLAN ÜRÜNLERLE KARŞILAŞTIRMA

- **Mevcut Ürünler:**
 - Geleneksel depolama sistemleri genellikle manuel veya yarı otomatik olup, enerji verimliliği ve hız açısından yetersizdir.
- **Üstünlükler:**
 - **Yüksek Kapasite ve Hız:**
 - Hafif yükte (150 kg'ye kadar) 5 m/s ve ağır yükte (6 tona kadar) 2-3 m/s hızla depolama kabiliyeti.
 - Test Sonuçları: Enerji tüketimi %50 azaltıldı, depolama ve geri alma süreleri %30 iyileştirildi.
 - **Rejeneratif Enerji Kazanımı:**
 - Üç eksenle rejeneratif enerji kazanımı sağlayarak enerji verimliliğini artırdı.
 - Test Sonuçları: Enerji tasarrufu %20 artırıldı.
 - **Tam Entegrasyon:**
 - Hat sonu robotik sistemlerle tam entegrasyon kabiliyeti.
 - Test Sonuçları: Üretim hatlarına entegrasyon süresi %40 kısaldı.
 - **Yapay Zeka ve Doğal Navigasyon:**
 - Doğal navigasyon yeteneğine sahip AGV ve AMR sistemleri ile değişken yerleşim ortamlarında operasyon kabiliyeti.
 - Test Sonuçları: Operasyonel esneklik ve doğruluk %25 artırıldı.
 - **Esnek ve Modüler Yapı:**
 - SCADA ve HMI arayüzü üzerinden ayarlanabilir değişken parametrelerle esnek depolama çözümleri.
 - Test Sonuçları: Farklı depolama senaryolarına adaptasyon süresi %35 azaltıldı.

KULLANIM ALANLARI VE SAĞLADIĞI AVANTAJLAR

- **Fabrika ve Kullanıcı Avantajları:**
 - Fabrikalar, depolama ve geri alma süreçlerinde hız ve doğruluk artışı ile operasyonel verimlilik sağlar.
 - Gerçek zamanlı izleme ve kontrol ile operasyonel güvenlik artırılır.
 - Enerji verimliliği ve rejeneratif enerji kazanımı ile maliyetler düşürülür.
- **Ulusal ve Uluslararası Avantajlar:**

- Türkiye'deki fabrikalarda üretilen bu sistem, ithalat bağımlılığını azaltır ve ihracat potansiyelini artırır.
- Yüksek teknolojik bir ürün olarak, global pazarda rekabet avantajı sağlar.
- Çevre dostu enerji verimliliği ile sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlar.

PROJENİN BEKLENEN ÇIKTILARI VE FAYDALARI

Yüksek ürün sevkiyat sirkülasyonuna sahip işletmelerde manuel depolama sistemleri, verimsizlik ve insan hatalarına neden oluyordu. Bu tür sistemler, ürünlerin hızlı ve doğru bir şekilde depolanması ve geri alınması gerektiğinde yetersiz kalıyordu. Ayrıca, geleneksel sistemler enerji verimliliği ve operasyonel güvenlik açısından da yetersizdi, bu da maliyetleri artırıyor ve iş güvenliğini tehlikeye atıyordu.

Çözüm: Geliştirdiğimiz otonom depolama sistemi, bu sorunları çözmek amacıyla tasarlanmıştır. ASRS (Automated Storage and Retrieval System), AMR (Autonomous Mobile Robots), AGV (Automated Guided Vehicles) ve otonom forkliftler gibi araçlarla entegre olarak çalışarak depolama süreçlerini tamamen otomatikleştirdi. Bu sistem, ürünlerin hızlı ve verimli bir şekilde depolanmasını ve geri alınmasını sağlar. Regeneratif enerji kazanımı sağlayan sistemler kullanılarak enerji verimliliği önemli ölçüde artırıldı. Ayrıca, SCADA ve HMI arayüzleri ile gerçek zamanlı izleme ve kontrol sağlanarak operasyonel güvenlik artırıldı.

Beklenen Çıktılar

1. **Operasyonel Verimlilik:** Otonom depolama sistemi, depolama ve geri alma süreçlerinin hız ve doğruluk açısından iyileştirilmesini sağlar. Literatür ve saha araştırmalarına göre, bu sistemlerin operasyonel verimliliği %30 artırması beklenmektedir. Otomatikleştirilmiş süreçler, insan hatalarını minimize eder ve operasyonel süreçlerin daha tutarlı olmasını sağlar.
2. **Enerji Verimliliği:** Üç eksenle regeneratif enerji kazanımı ile enerji tüketiminin azaltılması hedeflenmiştir. Saha araştırmaları, regeneratif enerji sistemlerinin enerji verimliliğini %20 artırdığını göstermektedir. Bu sistem, enerji maliyetlerini düşürürken çevresel sürdürülebilirliğe de katkıda bulunur.
3. **Güvenlik ve Kontrol:** Yapay zeka ve doğal navigasyon sistemleri ile operasyonel güvenlik artırılmıştır. Yapay zeka ile çoklu engel tanıma, güvenlik ve kontrol süreçlerinde %25 iyileşme sağlamaktadır. Bu, iş yerinde daha güvenli bir çalışma ortamı yaratır ve kazaları azaltır.
4. **Esneklik ve Entegrasyon:** SCADA ve HMI arayüzleri ile esnek ve modüler depolama çözümleri sunar. Farklı depolama senaryolarına adaptasyon süresinde %35 azalma sağlanmıştır. Bu, sistemin farklı işletme ihtiyaçlarına hızlı bir şekilde uyum sağlamasını ve değişen koşullara esneklikle yanıt vermesini sağlar.

PROTOTİPLERDE ORTAYA ÇIKAN EKSİKLİKLER VE GİDERİLMESİ

- **Sürücü ve Mekanik Bileşen Uyumsuzlukları:** İlk prototiplerde sürücüler ve mekanik bileşenler arasında uyumsuzluklar tespit edildi. Bu durum, performans sorunlarına yol açtı ve sistemin verimliliğini olumsuz etkiledi. Sürücüler ve mekanik bileşenler optimize edilerek bu uyumsuzluklar giderildi. Regeneratif enerji kazanım sistemi güncellendi ve enerji verimliliği artırıldı.

- **Yazılım Algoritmalarının Yetersizliği:** Adaptif ASRS depolama yazılımında bazı algoritmaların yetersiz olduğu görüldü. Bu, optimize yükleme ve boşaltma süreçlerinin gerçekleştirilmesini engelledi. Algoritmalar güncellenerek yazılım daha esnek hale getirildi. Bu sayede, sistem farklı depolama senaryolarına uyum sağlayabilecek şekilde geliştirildi.
- **Elektrik Kontrol Panosu Bağlantı Sorunları:** Elektrik kontrol panosunda kablaj ve bağlantı sorunları tespit edildi. Bu sorunlar, sistemin stabil çalışmasını engelledi ve güvenlik riskleri oluşturdu. Kablaj ve bağlantı düzenlemeleri optimize edilerek daha güvenilir bağlantılar sağlandı. Elektrik kontrol sistemi daha stabil hale getirildi ve operasyonel güvenlik artırıldı.

VAR OLAN ÜRÜNLERLE KARŞILAŞTIRMA

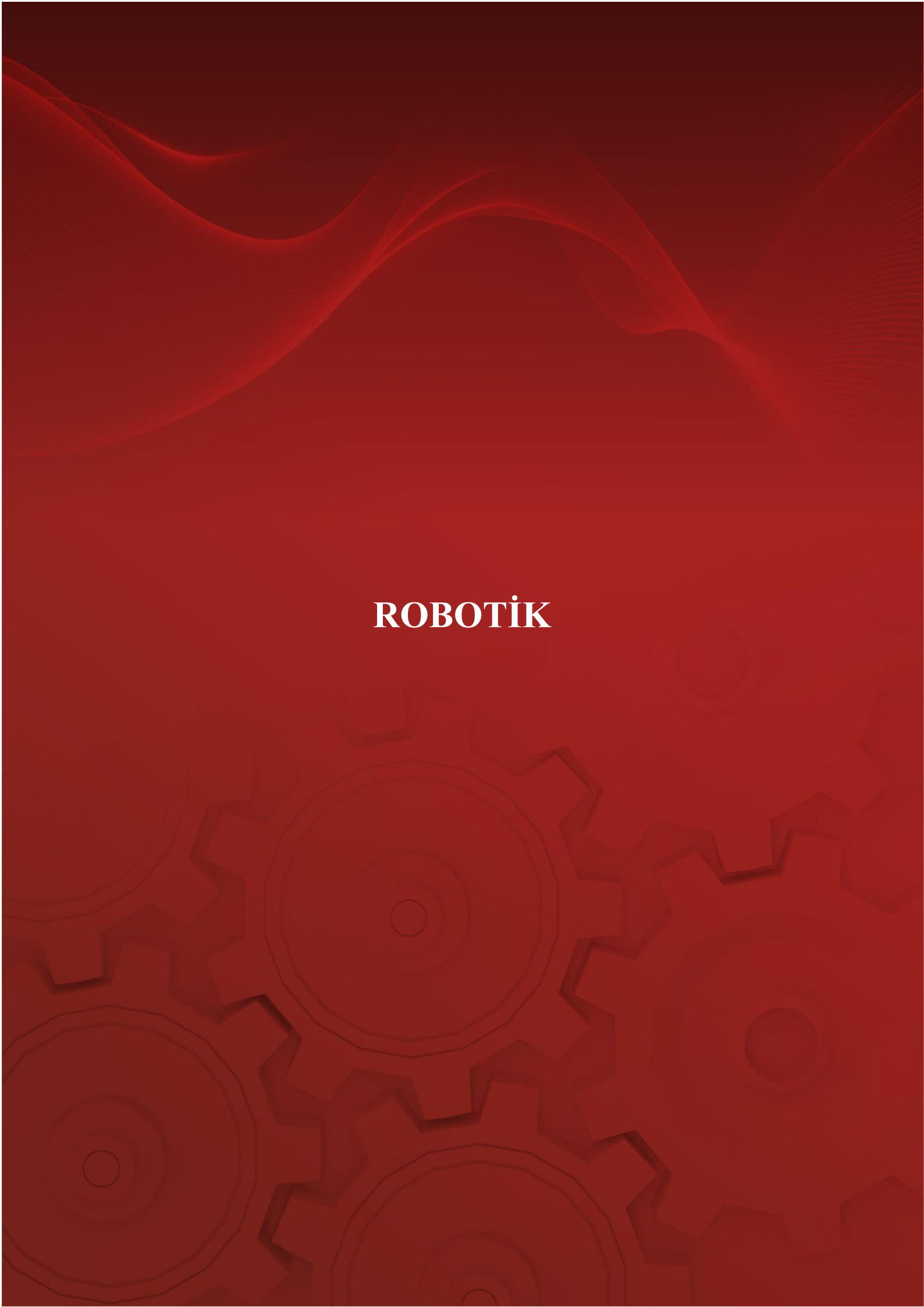
- **Mevcut Ürünler:** Geleneksel depolama sistemleri genellikle manuel veya yarı otomatik olup, enerji verimliliği ve hız açısından yetersizdir. Bu sistemler, büyük ölçekli üretim ve dağıtım süreçlerinde yavaş kalmakta ve enerji tüketimi yüksektir.
- **Üstünlükler:**
 1. **Yüksek Kapasite ve Hız:** Geliştirdiğimiz otonom depolama sistemi, hafif yükte (150 kg'ye kadar) 5 m/s ve ağır yükte (6 tona kadar) 2-3 m/s hızla depolama yapabilme kabiliyetine sahiptir. Test sonuçları, enerji tüketiminin %50 azaltıldığını ve depolama ve geri alma sürelerinin %30 iyileştirildiğini göstermektedir. Bu, işletmelerin verimliliğini ve hızını önemli ölçüde artırır.
 2. **Rejeneratif Enerji Kazanımı:** Üç eksenli rejeneratif enerji kazanımı sağlayarak enerji verimliliği artırılmıştır. Test sonuçlarına göre, enerji tasarrufu %20 oranında artırılmıştır. Bu, enerji maliyetlerini düşürmekte ve çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır.
 3. **Tam Entegrasyon:** Hat sonu robotik sistemlerle tam entegrasyon kabiliyeti sunar. Test sonuçları, üretim hatlarına entegrasyon süresinin %40 kısaldığını göstermektedir. Bu, işletmelerin üretim süreçlerini kesintisiz ve verimli bir şekilde yönetmesini sağlar.
 4. **Yapay Zeka ve Doğal Navigasyon:** Doğal navigasyon yeteneğine sahip AGV ve AMR sistemleri ile değişken yerleşim ortamlarında operasyon kabiliyeti sunar. Yapay zeka sayesinde yerleşik çoklu engel tanıma kabiliyeti bulunmaktadır. Test sonuçlarına göre, operasyonel esneklik ve doğruluk %25 artırılmıştır. Bu, depolama süreçlerinin daha güvenli ve verimli olmasını sağlar.
 5. **Esnek ve Modüler Yapı:** SCADA ve HMI arayüzü üzerinden ayarlanabilir değişken parametrelerle esnek depolama çözümleri sunar. Test sonuçları, farklı depolama senaryolarına adaptasyon süresinin %35 azaltıldığını göstermektedir. Bu, sistemin değişen işletme ihtiyaçlarına hızla uyum sağlamasını ve verimliliği artırmasını sağlar.

KULLANIM ALANLARI VE SAĞLADIĞI AVANTAJLAR

- **Fabrika ve Kullanıcı Avantajları:** Fabrikalar, depolama ve geri alma süreçlerinde hız ve doğruluk artışı ile operasyonel verimlilik sağlar. Gerçek zamanlı izleme ve kontrol ile operasyonel güvenlik artırılır. Enerji verimliliği ve rejeneratif enerji kazanımı ile maliyetler düşürülür. Bu sistem, üretim hatlarının kesintisiz ve verimli çalışmasını sağlar, iş gücü ihtiyacını azaltır ve insan hatalarını minimize eder.
- **Ulusal ve Uluslararası Avantajlar:** Türkiye'deki fabrikalarda üretilen bu sistem, ithalat bağımlılığını azaltır ve ihracat potansiyelini artırır. Yüksek teknolojik bir ürün olarak,

global pazarda rekabet avantajı sağlar. Çevre dostu enerji verimliliği ile sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlar. Ayrıca, bu tür yenilikçi çözümler, Türkiye'nin teknoloji ve endüstri alanındaki konumunu güçlendirir ve ülkemizin dünya çapındaki rekabet gücünü artıracaktır.

ROBOTİK



Robotik Sistemler ile E-Ticarette Verimlilik Artışının Sağlanması

Savaş Barış - ASİS Otomasyon A.Ş.
Sümer Erkan Kaya - ASİS Otomasyon A.Ş.

sbaris@asis.com.tr, sumerkaya@asis.com.tr

ÖZET

CoBot'lar (Collaborative Robots – İşbirlikçi Robotlar - İR) günümüz dünyasında; insan gücüne destek olan ve işlerini kolaylaştıran, hataları minimize eden, maliyet avantajı sağlayan, verimlilik artışına önemli etkileri olan ve bunun gibi bir çok avantajlar sunan robotlardır. Özellikle de yüksek ROI (Return of Investment) değeri ve yüksek verimlilik nedeni ile tercih edilmektedirler.

Farklı sektörlerde kullanılan İR'lere, özellikle Covid-19 pandemisi döneminde e-ticaret hacminin beklenmedik ve ön görülmedik şekilde artış göstermesi üzerine perakende sektöründe büyük ihtiyaç doğmuştur.

Artan e-ticaret hacminde çevrim içi siparişlerin hatasız, mümkün olan en kısa zamanda ve en az personel ile teslim edilebilmesi en büyük hedef idi.

Bu problemlere çözüm olarak geliştirilen İR'lerin perakende sektöründe kullanılması ile birlikte farklı konu başlıklarını içerecek şekilde verimlilik artışları yaşanmıştır.

Anahtar kelimeler: işbirlikçi robotlar, verimlilik, e-ticaret, pick-to-light, P2L, sipariş toplama, paralel picking

GİRİŞ

Covid-19 pandemisinin ani başlangıcı ile birlikte, e-ticaret faaliyeti yürüten birçok firma artan çevrim içi talepler karşısında çeşitli sorunlarla karşılaştı. Bu sorunların ortak paydası iç lojistik sorunlarıydı. Depolardan çevrimiçi siparişleri toplama ve sevkiyata hazırlama sürecinde karşılaşılan sorunlar şunlar idi: (a) sipariş toplamada gecikmeler, (b) yanlış, fazla veya eksik ürün toplama, (c) her sipariş için personel atama zorunluluğu, (d) artan sipariş sayısına göre mevcut personel sayısının yetersizliği, (e) daha fazla yoğun emeğe ihtiyaç duyulması nedeniyle personel memnuniyetsizliği, (f) personel memnuniyetsizliğinin üretkenlik üzerindeki olumsuz etkisi ve (g) yanlış, fazla ve eksik ürün teslimatları nedeniyle müşteri memnuniyetinde azalma. Bu zorluklarla başa çıkmak için bazı firmalar verimliliği artırma ve iç lojistik sorunlarını çözme potansiyeline sahip İşbirlikçi Robotları (İR) kullanmaya başladı. Bu çalışma kapsamında, İR kullanan e-ticaret firmalarının bu sorunları nasıl aştığı ve verimliliklerini nasıl artırdığı konusunda analizler yapılmakta ve sonuçları paylaşılmaktadır.

TESPİT EDİLEN PROBLEMLER

Perakende sektöründe marketler/mağazalar, müşteri memnuniyetini arttırarak ticari varlıklarını büyütme istemektedir. Bu amaçla farklı organizasyonlar yapmakta ve yöntemlerini

geliştirmeye çalışmaktadır. Bunlardan biri de online sistem ile müşterilerinden aldıkları siparişleri müşterinin talep ettiği zaman diliminde ve hatasız bir şekilde teslim etmektir. Bu nedenle bu konuda yapılacak geliştirmeler mağazalar/marketler için oldukça önemlidir. Bu tür yenilikçi geliştirmeler, özellikle pandemi nedeni ile çok büyüyen online ticaret döneminde çok daha önem kazanmış durumdadır.

Bu siparişlerin depolardan toplanma işlemi, toplayıcı personeller tarafından yapılmakta ancak toplayıcı personeller tarafından yapılan bu işlemin birçok olumsuz yönü bulunmakta idi:

- Bir toplayıcı personelin 100m²'lik depo alanı içerisinde siparişleri toplamak için ortalama olarak gün içerisinde 10 kilometre yol kat ettiği belirlenmiştir. Bu durum, toplayıcı personelin günün ilerleyen zamanlarında performansının düşmesine ve aynı zamanda hata yapma olasılığının artmasına neden olan bir sonuçtur.
- İnsan faktöründen dolayı dikkat dağılması yaşanmakta ve bunun sonucunda da siparişin toplanması sırasında yanlış veya eksik ürünler ile sevkiyat yapılarak müşteri memnuniyetsizliğine neden olunmaktadır.
- Her bir toplayıcı personel, her ne kadar kendilerine toplama yöntemi ile ilgili eğitim verilse de zaman içerisinde kendi ürün toplama yöntemini geliştirmekte ve doğal olarak da her bir toplayıcı personel kendi inisiyatifi ile hareket ederek emek ve zaman kayıplarına bilinçsizce neden olmaktadır.
- Sipariş toplama yönteminde belirlenen yöntemlere uyulmaması sonucunda ortaya çıkan "standart dışına çıkma" işlemi ile firmanın/mağazanın veriminde düşmeler yaşanmaktadır.
- Toplanacak ürünlerin depo içerisinde aranması için kaybedilen süre, teslim edilecek sipariş sayısının azalmasına neden olmaktadır.
- Yeni işe başlayan bir toplayıcı personelin ortalama toplama süresi içerisinde sipariş toplayabilmesi için fazlaca süre harcanmaktadır.
- Çevrimiçi siparişlerin hızla artması ve yetersiz kalan personel sayısı ile bu siparişler, zamanında ve doğru bir şekilde karşılanamamaktadır.
- Bu problemlerden dolayı müşteri memnuniyetinde azalmalar yaşanmaktadır.

GELİŞTİRİLEN ÇÖZÜMLER VE ELDE EDİLEN AVANTAJLARI

Yukarıda belirtilen problemlerin giderilebilmesi, hizmet kalitesinin artırılması, zamandan tasarruf edilmesi, müşteri memnuniyetinin artırılması ve nihayetinde Toplam Verimliliğin artırılabilmesi amacı ile farklı görevleri yerine getirebilen ve Şekil-1'de gösterilen İR'ler geliştirilmiştir.



Şekil 1 Geliştirilen İşbirlikçi Robotlar

Kullanılan Teknikler/Teknolojiler

İR fikri ile birlikte kullanılması planlanan ve uygulanan aşağıdaki 3 teknik, çözümün kalitesini arttırmada önemli rol oynamıştır:

- P2L (PickToLight): Toplanacak ürünlerin raflardaki yerlerini görsel olarak belirtmek üzere kullanılan ve şerit LED'ler, çeşitli elektronik cihazlar ve yazılımdan oluşan P2L sistemi sayesinde, İR ile birlikte hareket eden toplayıcı personele toplanacak ürünün raftaki yerini uzaktan göstermek çok ciddi anlamda bir zaman tasarrufu sağlamıştır. Ayrıca toplayıcı personele, işini hızlı yapmayı sağlayarak motivasyon artışı ve dolayısıyla performans artışı da sağlamış bulunmaktadır.
- UWB (Ultra Wide Band) Teknolojisi: Kapalı Alan Konumlama Sistemleri için kullanılmakta olan birçok farklı teknik bilinmektedir. Bu teknikler içerisinde konum tespit hassasiyeti en fazla olan ve fiziksel çevre koşullarından en az etkilenen UWB teknolojisinin İRprojesinde kullanılmasına karar verilerek uygulaması yapılmıştır.
- OTONOMİ: Raflardan ürün toplama veya raflara ürün yerleştirme sırasında toplayıcı personellere destek olacak olan İR'lerin, TAM OTONOM olması planlandı ve bu şekilde proje gerçekleştirildi.

Yenilikçi Yönleri

Toplayıcı personellere farklı konularda destek olmak, verimlilik konusunda kullanıcı firmalara avantajlar sunmak amacı ile geliştirilen İR'ler ve bu robotların kontrolünü sağlayan Sistem Yazılımı sayesinde elde edilen yenilikçi yönleri aşağıdaki gibidir:

- 90 m²'ye kadar küçük alanlarda çalışabilmesi,

- Sahip olduğu 3 adet sepet ile deponun bir kez turlanması ile 3 farklı siparişi eş zamanlı olarak toplayabilmesi (Parallel-Picking),
- P2L (Pick-to-Light) sistemini içermesi,
- Maksimum 2 haftalık kurulum süresi,
- Ürün toplama hızının dakikada 18 olması.

İR fikri; daha önce bilinen bir yöntemin veya teknolojinin yeni bir alana uygulanmasını içermektedir. Perakende sektöründe İR kullanılması fikri öncesinde, farklı alanlarda farklı amaçlar ile kullanılmakta olan AGV'ler (Automated Guided Vehicles) var olmasına rağmen, perakende sektöründe Mini Dark Store (MDS) ismi verilen küçük depolarda raflardan ürün toplamak veya raflara ürün yerleştirmek amaçlı olarak İR çözümü ilk defa ülkemizde kullanılmaya başlanmıştır.

İR'lerin Kullanım Öncesi ve Sonrası Durum Karşılaştırması

İR'lerin kullanılmadan önceki ve kullanılmaya başlandıktan sonrasındaki durum karşılaştırması aşağıdaki gibidir:

- Bir toplayıcı personel, elindeki bir tablet ve bir alışveriş sepeti ile depoyu turlayarak, siparişteki her bir ürünün depodaki yerini arayıp bulmak ve aynı zamanda günlük ortalama 10km civarında yürümek zorunda idi. İR ile bunları yapmasına gerek kalmamıştır çünkü toplayıcı personel İR'nin üzerine çıkarak toplanması gereken ürünlerin yanına tek tek ve hızlıca gidebilmektedir. Ayrıca İR ile yürüme mesafesi sıfıra indirilmiştir.
- Bir toplayıcı personelin ürün toplama performansını / verimliliğini arttırmak ve toplama süresini kısaltmak üzere farklı eğitimler veriliyordu. Ayrıca ilerleyen zaman içerisinde her bir toplayıcı personel kendi yöntemini geliştirmeye çalışıyordu ve bu ise verimlilik ve zaman kaybına neden oluyordu. Ancak İR ile toplayıcı personellere detaylı eğitim verilmesine gerek kalmadığı gibi toplayıcı personellerin kendilerine bir yöntem geliştirmelerine de gerek kalmamıştır.
- İR öncesinde raflardan yanlış ürün toplanmasına yönelik olarak yapılabilen tek çalışma, toplayıcı personellere dikkatli olmaları konusunda periyodik olarak verilen eğitimler idi. İR ile birlikte yanlış ürün toplanma oranı %0'a düşürülmüştür. Hem ürün barkodunun okutulması hem toplanan ürünün ağırlığının ölçülmesi hem de toplanacak ürüne ilişkin görselin İR üzerindeki kontrol panelinde gösterilmesi ile bu problemin önüne geçilmiştir.
- Daha önceleri bir toplayıcı personel ile bir saatte toplanabilen ürün sayısı (UPH – Unit Per Hour) ortalama 73 iken İR'lerin kullanılmaya başlanması ile birlikte bu sayı 286'ya çıkmıştır. Bunun üç farklı nedeni var:
 - o İR ile eş zamanlı olarak 3 farklı siparişe ait ürünlerin eş zamanlı olarak toplanabilmesi,
 - o Toplanacak ürünlere depo içerisinde NOKTASAL ulaşımın tamamen TAM OTONOM çalışan İR tarafından yapılması,
 - o P2L – PickToLight özelliği ile ürünün yerinin uzaktan toplayıcı personele gösterilmesi.

İşbirlikçi Robotların Kullanılmaya Başlanması İle Birlikte Elde Edilen Verimlilik Ölçümleri

İşbirlikçi Robotların e-ticaret sisteminde iç lojistik araçları olarak kullanılmaya başlanması ile birlikte yapılan ölçümler sonucunda aşağıda belirtilen verimlilik artışları tespit edilmiştir:

- Toplama işlemi için toplayıcı personellerin günlük kat ettikleri ortalama 10.000m.'lik yol, **0'a indirilmiştir**. Çünkü toplayıcı personel (pilot) İR'nin üzerine binerek toplama işlemini gerçekleştiriyor ve yürümesine gerek kalmıyor.
- Toplayıcı personellerinin ürün toplama için hiç yol kat etmemeleri nedeni ile bu personeller tarafından **Çalışan Memnuniyeti'nin arttığı** ölçülmüştür.
- İR öncesi siparişlerin toplanma süresi ortalama olarak 743 sn. idi. İR'lerin kullanılması ile birlikte bu süre 173sn.'ye düşmüştür. **Ortalama sipariş toplama süresinde %77'lik bir azalma olmuştur**.
- İR olmadan bir saatte toplanan ürün sayısı (UPH – Unit per Hour) 45-70 arasında iken İR'lerin kullanılması ile birlikte bu sayı 275-350 aralığına çıkmıştır. **Bir saatte toplanabilen ürün sayısında %400 artış sağlanmıştır**.
- Toplanan siparişlerdeki ürünlerin doğru toplanma oranı %63-70 seviyelerinden %100 değerine çıkmıştır. **Doğru ürün toplama oranı %30 artmış ve maksimum noktaya gelmiştir**.
- Ürün toplama hatası ve yanlış ürün şikayetleri, İR ile yapılan sipariş **toplamalarında %0'a indirilmiştir**.
- Pilotların depo içerisinde ürün yerini ve ürünü bulma gibi sorunlarından kaynaklanan **zaman kaybı %99 oranında ortadan kaldırılmıştır**. Bu nedenle de **Personel sayısı ve maliyetlerinde minimum %50 tasarruf sağlanmıştır**.

SONUÇ

Farklı konularda insan gücüne destek olan İşbirlikçi Robotların, günlük ticari faaliyetlerde çok farklı konularda avantajlar sunması ve bu avantajların sonucu olarak verimlilik artışına olan etkileri açıkça görülmektedir.

İşbirlikçi Robotların kullanılmaya başlaması sonrasında zaman tasarrufu, personel performansı, maliyet düşmesi, hizmet kalitesi, kaynak planlaması, müşteri memnuniyeti, pazar payı artışı, vb.. parametrelerde yaşanan olumlu gelişmeler sonucunda E-Ticaret firmalarında Toplam Verimlilik Artışı sağlanmıştır.

Bu bildiri kapsamında, araştırmaya katkılarından dolayı ASİS Otomasyon A.Ş. Ar-Ge Merkezi'ne teşekkürlerimizi sunarız.

Otonom Mobil Robotlarda Steer Sürüş Prensibine Sahip Tekerlek Seti Tasarımı

*Mehmet Batuhan Kurt, Kar Metal, Gökhan Atalı, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ulaş Birgül, Kar Metal*

arge@karmetal.com, gatali@subu.edu.tr, ulasbirgul@karmetal.com.tr

ÖZET

Otonom mobil robotlar (AMR), endüstriyel otomasyon ve lojistik uygulamalarında operasyonel verimliliği artıran önemli teknolojilerden biri haline gelmiştir. AMR'lerin temel avantajı, insan müdahalesi olmadan karmaşık görevleri yerine getirme yetenekleri ve iş gücü maliyetlerini düşürmeleridir. Bu çalışmada, steer sürüş prensibi ile tasarlanmış tekerlek setleri üzerinde durulmaktadır. Steer sürüş, robotların dar alanlarda etkili manevra yapmasını sağlayarak, özellikle endüstriyel ortamlarda malzeme taşıma süreçlerinde esneklik ve doğruluğu artırmaktadır.

Robot tasarımında kullanılan poliüretan kaplı tekerlekler, yüksek sürtünme katsayısı ve dayanıklılığı sayesinde beton veya çelik zeminlerde kaymadan stabil hareket sağlamakta, böylece uzun ömürlü bir çözüm sunmaktadır. Ayrıca, bu çalışmada kullanılan globoid redüktörler, geniş temas yüzeyi sayesinde hassas tork aktarımı ve düşük aşınma ile robotun daha verimli çalışmasına katkıda bulunmaktadır. Fırçasız DC motorların (BLDC) tercih edilmesi, enerji verimliliğini artırırken, motorun uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır. Encoder'larla entegre edilen bu motorlar, robotun hız ve konum kontrolünde hassasiyet sağlayarak dar alanlarda keskin manevra kabiliyeti sunmaktadır.

Robotun tasarımında dikkate alınan tekerlek çapı, taşıma kapasitesi ve motor gücü, endüstriyel koşullarda ağır yük taşıyan robotlar için optimize edilmiştir. Tork hesaplamaları, robotun taşıyacağı yükler ve hareket hızına göre yapılmış, her tekerlek başına düşen yük hesaplanarak uygun motor torku belirlenmiştir. Güvenlik önlemleri kapsamında eklenen limit switch'ler, tekerleklerin başlangıç pozisyonunu izleyerek olası çarpışmaların önüne geçmektedir. Bu çalışma, AMR'lerin performansını artıran ve güvenilirliğini sağlayan yenilikçi bir mühendislik çözümü sunmakta ve endüstriyel otomasyon süreçlerine önemli katkılar sağlamaktadır.

Anahtar kelimeler: otonom mobil robot, steer sürüş prensibi, globoid dişli teknolojisi, Endüstri 4.0, mekanik tasarım

GİRİŞ

Son yıllarda endüstriyel otomasyon ve lojistik alanlarında yaşanan hızlı teknolojik gelişmeler, otonom mobil robotların (AMR) kullanımını önemli ölçüde yaygınlaştırmıştır. AMR'ler, insan

müdahalesine gerek duymadan karmaşık görevleri yerine getirebilme yetenekleri ile operasyonel verimliliği artırmakta ve iş gücü maliyetlerini azaltmaktadır. Endüstri 4.0 devrimi ile birlikte bu robotların üretim tesislerinde ve depo yönetimi gibi alanlarda kullanımının hızlanması, iş süreçlerini optimize etme açısından büyük fırsatlar sunmuştur (Draganjac, Csiszar & Lumsden, 2021; Olsson & Andersson, 2020). Bu bağlamda, AMR'lerin etkin bir şekilde çalışabilmesi için tasarımda dikkat edilmesi gereken en önemli faktörlerden biri, kullanılan tekerlek setlerinin kalitesi ve işlevselliğidir. Tekerlek sistemlerinin manevra kabiliyeti, stabilitesi ve dayanıklılığı, robotların genel performansı üzerinde doğrudan etki yapmaktadır [1].

Bu çalışmada, steer sürüş prensibine sahip tekerlek setlerinin otonom mobil robotlar için nasıl tasarlandığı ele alınmaktadır. Steer sürüş prensibi, robotlara sadece ileri-geri hareket kabiliyeti vermekle kalmaz, aynı zamanda daha esnek ve hassas dönüş manevraları yapmalarını sağlar. Bu özellik, robotların dar alanlarda yüksek manevra kabiliyeti ile çalışmasına olanak tanır [2]. Steer sürüş prensibi, depo ve üretim alanlarında robotların daha hızlı ve etkili şekilde malzeme taşımalarını sağlamakta, böylece iş süreçlerini optimize etmektedir [3].

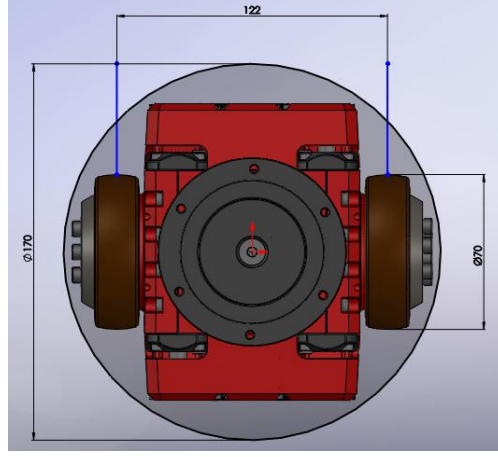
Tekerlek setlerinde kullanılan poliüretan malzemeler, yüksek sürtünme katsayısına ve darbelere karşı yüksek dayanıklılığa sahip olup, zemin üzerinde kayma olmadan stabil hareket sağlar. Bu özellik, robotların beton veya çelik zeminler üzerinde uzun ömürlü ve güvenilir bir performans sergilemesini sağlamaktadır. Globoid redüktörlerin kullanımı ise robotun hassas tork aktarımı ve düşük aşınma ile daha uzun süreli ve verimli çalışmasına katkıda bulunmaktadır. Globoid dişli teknolojisi, geniş temas yüzeyi sayesinde tork aktarımında hassasiyet sağlamak ve enerji kayıplarını minimize etmektedir.

Ayrıca, fırçasız doğru akım motorları (BLDC) ve encoder'larla entegre edilen bu sistemler, robotun hız ve konum kontrolünde yüksek hassasiyet sağlamaktadır. BLDC motorlar, enerji verimliliği ve uzun ömürlülük açısından tercih edilmekte olup, endüstriyel uygulamalarda güvenilir bir çözüm sunmaktadır. Encoder'lar, robotun konum ve hız verilerini hassas bir şekilde takip ederek dar alanlarda keskin manevra kabiliyetini desteklemektedir.

Son olarak, güvenlik açısından tekerlek sistemlerine entegre edilen limit switch'ler, robotun başlangıç pozisyonlarını izleyerek çarpışmaların önlenmesine yardımcı olmaktadır. Tüm bu bileşenlerin bir araya gelmesi, AMR'lerin endüstriyel otomasyon süreçlerinde daha verimli, güvenilir ve dayanıklı bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Bu teknolojiler, özellikle depolama ve üretim tesislerinde iş süreçlerinin optimize edilmesine katkıda bulunarak mühendislik çözümlerine yenilikçi bir perspektif kazandırmaktadır [4].

MATERYAL VE YÖNTEM

Tahrik sisteminin tasarımı ve prototip üretimi, Şekil 1'de gösterilen SERVANT W1500 otonom elektrikli robotu üzerine entegre edilmiştir. Tahrik sisteminin boyutları, robotun genel boyutları ve ağırlığıyla doğrudan orantılı olduğundan, bu sistem minimum alan gereksinimlerine uygun olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu sistemde kullanılan Globoid dişli mekanizması, otonom taşıt uygulamaları için gerekli olmuştur. Yapılan analizler sonucunda, belirlenen motor parametrelerine uygun olarak 1:36 oranında bir Globoid redüksiyon dişli setinin kullanımı uygun bulunmuştur. Tasarım, SOLIDWORKS yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiş ve prototip üretim sürecinde CNC tezgâhları ile çeşitli azdırma makineleri kullanılarak üretim tamamlanmıştır. Prototip tasarımı ise Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 16 T-ClawSteer Tahrik Sistemi



Şekil 18 SERVANT W1500 AGV



Şekil 17 T-Claw Dönme Çapı

Tahrik sisteminde kullanılması planlanan tekerin çapı, dönme çapı ve tekerler arasındaki mesafe Şekil 3’de belirtilmiştir.

Bu sistemin tasarımında dikkate alınan parametreler doğrultusunda, mekanizma merkez noktasından itibaren Ø170 mm çapında dönmektedir (Şekil 3). Mekanizmanın genel boyutları 162 x 134,5 x 92 mm olarak belirlenmiştir. Tahrik sisteminin bu kompakt boyutları, dar alanlarda manevra kabiliyetini önemli ölçüde artırır. Küçük dönme çapı sayesinde, robotun bulunduğu yerde neredeyse sabit bir şekilde yön değiştirmesi mümkün hale gelir, bu da özellikle dar koridorlar, depo alanları ve üretim hatları gibi sıkışık ortamlarda büyük avantaj sağlar. Alan verimliliğinin artırılması, endüstriyel uygulamalarda operasyonel etkinliği yükseltirken, gereksiz hareketlerin ve dolayısıyla enerji tüketiminin azalmasına da katkıda bulunur. Bu durum, hem operasyonel maliyetleri düşürür hem de robotun genel performans süresini artırır.

Dönme çapının küçük olması, aynı zamanda çevresel güvenlik açısından da önemlidir. Robotun daha hassas manevralar yapabilmesi, çevresindeki nesnelere veya insanlara çarpma riskini azaltır, bu da güvenliği artırır. Bu özellik, otonom sistemlerin kapalı alanlarda daha etkin ve verimli çalışmasını sağlayarak kullanıcı deneyimini iyileştirir. Özellikle yoğun iş gücü gerektiren endüstriyel ortamlarda, güvenli ve verimli bir çalışma sağlanması için bu tür tasarımlar kritik öneme sahiptir.

Projede kullanılan BLDC (Fırçasız DC) motorlar, endüstriyel ve otonom sistemlerde yaygın bir şekilde tercih edilen motorlardır. BLDC motorlar, geleneksel fırçalı DC motorlara göre daha yüksek verimlilik, dayanıklılık ve düşük bakım gereksinimi sunmalarıyla öne çıkmaktadır. Fırçasız tasarımları sayesinde, motorlar içindeki sürtünme ve aşınma en aza indirgenmiş, böylece enerji kayıpları ve aşınmaya bağlı arızalar ortadan kaldırılmıştır. Fırçalı motorlarda görülen enerji kayıpları ve kıvılcım oluşumu gibi dezavantajlar BLDC motorlarda bulunmaz. Ayrıca, yüksek tork üretimi ve enerji verimliliği ile bilinen bu motorlar, manyetik alanın etkili kullanımı sayesinde daha az enerji harcayarak yüksek performans sağlarlar. Bu, özellikle pil ömrünün uzun olmasının kritik olduğu otonom sistemlerde büyük avantaj sağlar. BLDC motorların bu özellikleri, otonom robotların daha uzun süre enerji kaynağına ihtiyaç duymadan operasyonlarını sürdürmelerine olanak tanır.

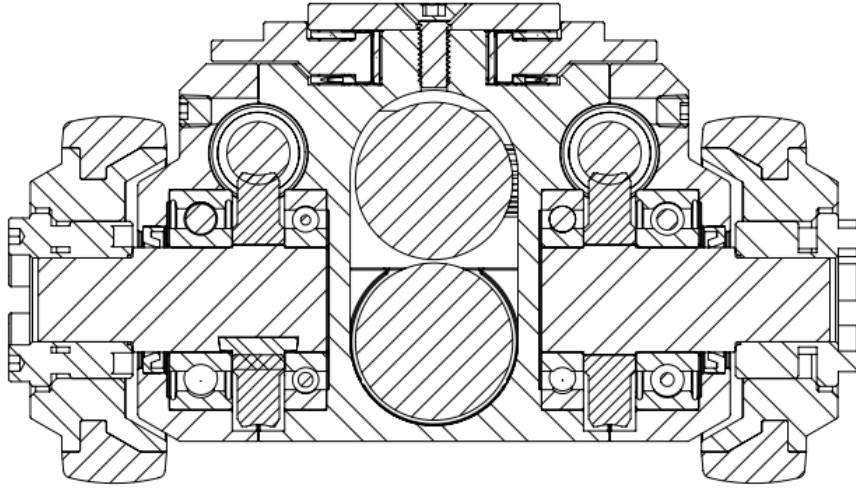
Tablo 1’de yer alan motor seçimi, gerekli hız-tork gereksinimleri ve motorun fiziksel boyutları göz önüne alınarak yapılmıştır. Motor parametreleri, sistemin verimli bir şekilde çalışabilmesi için optimize edilmiştir ve endüstriyel uygulamalarda maksimum verim sağlanmasına yönelik olarak tasarlanmıştır.

Parametreler	Sembol	Birim	Değer
Anma Dc Gerilimi	U_n	v	48
Sürekli Durma Torku	T_c	Nmm	120
Sürekli Faz Akımı	I_c	A_{rms}	4,5
Tepe Durma Torku	T_p	Nmm	240
Tepe Faz Akımı	I_m	A_{rms}	8,6
Anma Mil Torku	T_n	Nmm	120
Anma Mil Akımı	I_n	A_{rms}	4,2
Anma Mil Gücü	P_n	W	201
Anma Mil Hızı	n_n	RPM	16.000
Tork Sabiti	K_t	Nmm/ A_{peak}	24,2
EMK Sabiti	K_e	V_s	0,0252
Motor Sabiti	k_m	RPM/V	0,0445
Yüksüz Hız	n_o	RPM	18300
Faz Direnci	R_{ll}	Ohm	0,29
Faz İndüktansı	L_{LL}	mH	0,062
Motor Ataleti	J_m	$Kgmm^2$	3,2
Motor Ağırlığı	m	gr	260

Tablo 2 BLDC Motor Özellikleri

Globoid dişli setinin bu tekerlek boyutlarda güvenli şekilde çalışabilmesi için en ideal iletim oranı i:36 olarak hesaplanmıştır. Dişli setinin boşluksuz ve rahat çalışabilmesi için her dişli seti iki adet rulman ile yataklanmıştır. Ömür ve Verimlilik açısından Dişli setinin Yağ içinde çalışması gerektiği için Şaft kısımlarına sızdırmayı önleyen keçeler konmuştur. Tekerlek grubunun tam merkezden dönmesi gerektiği için üst kısımdan rulmanlar ile yataklanmıştır.

Tekerlek grubunun 3D tasarımı SOLİDWORKS programında gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen tasarımın kesit görünümü Şekil 4. 'de belirtilmiştir.



Şekil 19 Steer Teker Grubu Kesit Görünümü

AGV Robotu Hız Hesabı

AGV robotların endüstriyel uygulamalarda güvenli ve verimli bir şekilde çalışabilmesi için genellikle 0,5 m/s ile 1,5 m/s aralığında bir hızda hareket etmesi istenir. Bu hız aralığı, hem taşıma sırasında robotun manevra kabiliyeti ve duruş mesafesi açısından güvenliği sağlar hem de çalışma ortamındaki diğer ekipman ve insanlarla uyumlu bir şekilde hareket etmesine olanak tanır. Ayrıca, bu hız aralığı robotun dengeli ve istikrarlı bir performans sergilemesine katkıda bulunur, hem operasyonel verimliliği hem de iş güvenliğini optimize eder.

Seçilen BLDC motorun RPM değeri ve teker çapı dikkate alındığında robotun maksimum çıkabileceği lineer hız aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Redüktör Giriş Devri = 16.000 RPM

Redüktör Çıkış Devri (RPM_ç) = 16.000/36 = 444,444 RPM

Tekerlek çevresi = $2 \cdot \pi \cdot r = 0,22$ m

Tekerlek Devri = Redüktör Giriş Devri / iletim oranı = 16000/36 = 444,444 RPM

Lineer Hız = Tekerlek Çevresi x Tekerlek Devri = 0,22 x 444,444 / 60 = 1,63 m/sn

AGV Robot Tork Hesabı

Robotun Verileri Tablo 2’de belirtilmiştir.

	Birim/Sembol	Değer	Açıklama
Toplam Ağırlık	Kg	2500	Araç +yük
Tekerlek Çapı	mm	70	
Tekerlek Ağırlığı	Kg	0,3	
Tekerlek Adedi	-	8	4 Adet tahrik grubu için toplam adet
Motor Devri	RPM	14790	
İletim Oranı	i	36	

Redüktör Verimi	%	%80	
J_{Gear}	KgCm^2	1,25	Globoid dişli seti İntertia değeri
J_{motor}	KgCm^2	0,032	BLDC Motor İntertia değeri
T_{peak}	Nm	0,24	Motor maksimum torku Torku

Tablo 3 AGV Robot Verileri

Robotun en fazla zorlandığı ve en yüksek güç ihtiyacının ortaya çıktığı an, durgun halden ivmelenerek harekete başladığı andır. Bu anda, motorların emniyetli bir şekilde kalkış yapabilmesi için gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Bu hesaplamalarda, aracın istenilen hıza ulaşması sırasında geçen süre üzerinde değişiklik yaparak uygun hız ve tork değerleri belirlenmiştir.

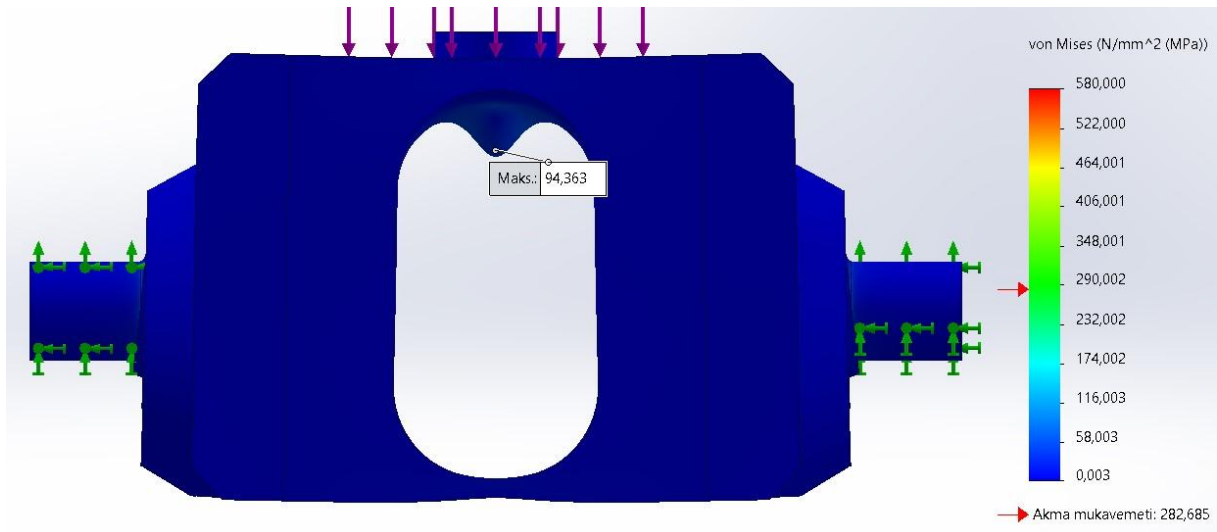
Giriş verilerine göre yapılan hesap Tablo 3’de belirtilmiştir.

	Birim / Sembol	Değer
Hızlanma Süresi	s	2,5
Hızlanma İvmesi	m/sn^2	0,6
Hızlanmada Gidilen yol	m	1,88
Hızlanma için Gerekli kuvvet	N	1505,78
Redüktör Çıkış Torku	Nm	6,59
Anlık Motor Torku	Nm	0,2287

Tablo 4 Hesaplama Sonuçları

SONUÇ

Bu çalışmada, tasarlanan tekerlek grubunun AGV robotun maksimum taşıma kapasitesi altında maruz kaldığı yükler analiz edilmiştir. Her bir tekerleğe rulman yataklama bölgesinden yaklaşık 650 kg'lık bir yük uygulanmış ve bu yük altında yapılan gerilme analizlerinde, tekerleklerde tehlikeli bir gerilim birikmesi gözlenmemiştir. Özellikle köşe noktalarındaki gerilme birikimlerinin ihmal edilebilir seviyede kaldığı tespit edilmiştir. SolidWorks programı kullanılarak gerçekleştirilen analizlerde, malzeme üzerindeki maksimum gerilme değerleri, malzemenin statik koşullardaki güvenlik sınırları içerisinde kalmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, tekerlek grubunun statik yükleme altında güvenli bir şekilde çalışabileceği ve tasarımın mühendislik standartlarına uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışma boyunca elde edilen analiz verileri, Şekil 5'te detaylandırılmıştır. Bu sonuçlar, robotun taşıma kapasitesine uygun ve güvenilir bir tahrik sistemi tasarlandığını göstermektedir.



Şekil 20 Analiz Sonucu

Teşekkür

Bu çalışma Kar Metal San. ve Tic. Ltd. Şti. firmasında bulunan Ar-Ge imkanları kullanılarak gerçekleştirilmiş ve uygulamaya alınmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] C. D. Y. Y. S. Z. Q. & J. C. Ye, «Design and performance analysis of an adaptive omnidirectional wheel for heavy payload robot,» *Industrial Robot: the international journal of robotics research and application*, pp. 1144-1155, 2022.
- [2] H. & Z. C. Taheri, «Omnidirectional mobile robots, mechanisms and navigation approaches,» *Mechanism and Machine Theory*, p. 153, 2020.
- [3] R. M. F. M. R. A. & M. N. Khan, «Comprehensive study of skid-steer wheeled mobile robots: Development and challenges,» *Industrial Robot: the international journal of robotics research and application*, pp. 142-156, 2021.
- [4] S. J. L. M. J. X. Y. & D. H. Wang, «Training for smart manufacturing using a mobile robot-based production line.,» *Frontiers of Mechanical Engineering*, pp. 249-270, 2021.
- [5] 2. K. 1. C. 1. R. F. G. F. M. B. M. E. B. Erkan Öztürk, Otonom Taşıtlar İçin Hiposikloid Direksiyon Dişli Kutusu Tasarımı ve Prototip İmalatı, Alanya: Academic platform, 2018.
- [6] N. Troupe, "Optimization of Steering Geometry For Ultra - High - Mileage Vehicles", Pennsylvania: Pennsylvania State University, 2011.
- [7] C. Z. Z. W. M. L. J. S. L. Li, Motion simulation and optimization design of double-front axle steering system based on ADAMS, Beijing: IEEE Conference and Expo Transportation Electrification, 2014.
- [8] N. I. R. , S. D. Roland Siegwart, Autonomous Mobile Robots, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2004.

Advoard Robotics; İş birlikli Otonom Filo Robotlar

Pınar Oğuz Ekim, İzmir Ekonomi Üniversitesi/Advoard Robotics

pinarekim@advoard.com/ info@advoard.com

ÖZET

Advoard Robotics, lojistik ve e-ticaret depolarında yaşanan verimsizlik ve iş gücü kayıplarını önlemek amacıyla, birbirinin konum ve rota bilgisinden haberdar olarak iş birliği içinde hareket eden tamamen otonom mobil filo robotları ve yazılımlarını geliştirmektedir. Bu robotlar, kullanıcı dostu bir web arayüzü sayesinde takip edilebilmekte, uzaktan kaza desteği sağlanabilmekte ve veri analizi yapılabilmektedir. Ayrıca, depo yönetim sistemi ile veri alışverişi yaparak gerçek zamanlı anlık stok kontrolü gerçekleştirilebilmektedir.

Advoard Robotics'in geliştirdiği teknoloji, her robotun haritalama, konumlandırma, yol planlama, otonom sürüş kabiliyeti ve bu bilgilerin paylaşımını içermektedir. Filolar halinde hareket eden robotlar, yapay zekaya dayalı algoritmalar sayesinde minimum rota uzunluğunda maksimum verimlilikle çalışmaktadır. Kullanılan en önemli teknolojilerden biri SLAM (eş zamanlı konumlandırma ve haritalama) ve FMS'dir (filo yönetim sistemi). SLAM süreci, önceden bilinmeyen bir ortamda gezinmek veya önceden bilinen bir ortamın haritasını revize edip bir konum bulmak için karmaşık bir dizi hesaplama, algoritma ve sensör girdisi kullanır. Birimler içerisinde çalışan birden fazla robotun yönetilmesi ve kontrol edilmesi amacıyla Filo Yönetim Sistemi (FMS) uygulanmaktadır. FMS, robot filosunun eksiksiz, merkezi ve merkezi olmayan yönetimini sağlayarak kullanıcıların farklı mobil robot sistemlerini çeşitli cihazlardan standart iletişim protokolleri aracılığıyla yönetmelerine olanak tanır. FMS'de robotlar rota ve konum bilgilerini birbirleriyle paylaşırlar. Bu bilgiler ışığında algoritmalarımız robotların çarpışmadan görevlerini gerçekleştirecekleri rotaları kural setlerimize göre belirlemektedir.

Tamamen şirket bünyesinde geliştirilen ürünleri sayesinde daha uygun maliyetli, daha fazla yük taşıyabilen, her türlü depo yönetimi uygulamasıyla birleştirildiğinde daha esnek bir yapıya sahip benzersiz bir değer elde edilmektedir. Hataların azalması, kesintisiz ve hatasız çalışması ve verimliliğin üç kata kadar artması sayesinde ürünü kullanan kuruluşlar zamandan ve paradan ciddi oranda tasarruf sağlamaktadır.

Advoard Robotics'in robotları, kullanıcı dostu bir web arayüzü sayesinde kolaylıkla takip edilebilmektedir. Bu arayüz, kullanıcıların robotların durumunu, konumunu ve performansını gerçek zamanlı olarak izlemelerine olanak tanır. Ayrıca, uzaktan kaza desteği ve veri analizi gibi önemli işlevler de bu arayüz üzerinden gerçekleştirilebilmektedir. Bu sayede, operasyonel süreçler daha şeffaf ve yönetilebilir hale gelmektedir.

Depo yönetim sistemi ile entegre çalışan Advoard Robotics'in robotları, veri alışverişi yaparak gerçek zamanlı anlık stok kontrolü gerçekleştirmektedir. Bu özellik, depolarda stok yönetimini daha verimli hale getirirken, hataları en aza indirir ve operasyonel süreçlerin hızlanmasına katkı sağlar. Gerçek zamanlı veri paylaşımı sayesinde, depolardaki stok durumu her an güncel tutulur ve bu da işletmelerin tedarik zinciri süreçlerini daha etkin yönetmesine olanak tanır.

Advoard Robotics, lojistik alanında dünyanın en iyi ve en uygun maliyetli robotik sistem ve hizmet tedarikçisi olmayı hedeflemektedir. Şirket, sürdürülebilir ve güvenilir robot filoları üretmekte ve verdiği sözlerde güvenilir bir firma olmak için çalışmaktadır. Advoard Robotics'in sunduğu çözümler arasında uçtan uca bir ürün ailesi, çok fonksiyonlu robotlar, akıllı filo

yönetimi ve çeşitli RaaS (Robot as a Service) çözümleri bulunmaktadır. Geliştirdiğimiz çok fonksiyonlu robotlar, depolardaki çeşitli görevleri yerine getirebilme kapasitesine sahiptir. Bu robotlar, yük taşıma, sipariş toplama, envanter yönetimi ve daha birçok işlemi otonom olarak gerçekleştirebilir. Bu sayede, depo operasyonları daha esnek ve dinamik bir hale gelir.

Akıllı filo yönetimi, Advoard Robotics'in en güçlü yanlarından biridir. Filo yönetim sistemi (FMS), robotların merkezi ve merkezi olmayan yönetimini sağlayarak, farklı mobil robot sistemlerinin standart iletişim protokolleri aracılığıyla yönetilmesine olanak tanır. Bu sistem, robotların rota ve konum bilgilerini birbirleriyle paylaşmalarını sağlar ve çarpışmaları önler.

Gelir modeli olarak müşterilerimize çeşitli RaaS (Robot as a Service) çözümleri sunmaktayız. Bu çözümler, müşterilerin robotları satın almak yerine kiralayarak operasyonel maliyetlerini düşürmelerine ve teknolojiyi daha esnek bir şekilde kullanmalarına olanak tanır. RaaS modeli, müşterilerin ihtiyaçlarına göre ölçeklenebilir ve esnek bir çözüm sunar.

Advoard Robotics, yarının lojistiğini robotların birleştiği güçlerle inşa etmektedir. Teknoloji hızla değişiyor ve dünya robotik sistemlerle daha fazla kaplanmaya devam ediyor. Advoard Robotics, lojistik alanında dünya çapında tanınan ve güvenilen bir marka olmayı hedeflemektedir. Şirket, müşterilerine daha esnek ve dinamik depolara ulaşma imkânı sağlayarak, verimlilik, fiyatlandırma, süreçlerin dijitalleşmesi ve yenilikçi hizmet sağlayıcılığı açısından büyük bir etki yaratmaktadır.

Advoard Robotics, sürdürülebilir ve güvenilir robot filoları üreterek, verdiği sözlerde güvenilir bir firma olma yolunda ilerlemektedir. Şirket, lojistik sektöründe devrim yaratacak çözümler sunarak, geleceğin lojistiğini şekillendirmektedir.

Sonuç olarak, Advoard Robotics'in geliştirdiği otonom mobil filo robotları ve yazılımları, lojistik ve e-ticaret depolarında verimliliği artırmakta ve iş gücü kayıplarını önlemektedir. Kullanıcı dostu web arayüzü, gerçek zamanlı stok kontrolü ve sürdürülebilir çözümler sunan Advoard Robotics, lojistik sektöründe çığır açan bir inovasyon sunmaktadır. Gelecek vizyonu ve sunduğu benzersiz değerler ile Advoard Robotics, lojistik sektörünün geleceğini şekillendiren lider bir firma olma yolunda ilerlemektedir.

Anahtar kelimeler: robotik, lojistik, depo yönetim, yazılım

GİRİŞ

Advoard Robotics'in gerçekleştirdiği inovatif süreçler, otonom mobil robot teknolojilerinin sunduğu faydalarla işletmelere önemli katkılar sağlamaktadır. Bu bildiride, şirketin geliştirdiği mobil robotların işletmelere kazandırdığı verimlilik, maliyet optimizasyonu ve operasyonel iyileştirmeler ele alınmıştır. Advoard Robotics, otonom sürüş, filo yönetimi ve kullanıcı dostu arayüzler gibi alanlarda yaptığı yeniliklerle, iş süreçlerini dönüştürerek farklı sektörlerde rekabet avantajı sunan çözümler geliştirmeye odaklanmaktadır.

Günümüzde gelişen teknoloji, endüstriyel otomasyonu ve lojistik süreçlerini yeniden şekillendirmektedir. Otonom filo robotlar, bu dönüşümde önemli bir rol oynamaktadır. Lojistik ve depo yönetimi alanında maliyet, iş gücü kayıpları, işletme maliyetleri ve zaman yönetimi gibi faktörler giderek daha önemli bir hale gelmiştir. Bu ihtiyaçlara yönelik inovatif çözümler üretmek için otonom filo robotlar hem global hem de Türkiye pazarı için dikkat çekici bir seçenek sunmaktadır.

Bu robotlar, gelişmiş sensörler ve algoritmalar kullanarak çevrelerini algılayabilmekte, gerçek zamanlı olarak haritalama yapabilmekte ve dinamik olarak değişen ortamlarda etkili bir şekilde hareket edebilmektedirler. Otonom filo robotlar, envanter yönetiminden ürün toplama ve taşıma süreçlerine kadar geniş bir yelpazede görev alarak, depo içindeki verimliliği artırmakta ve insan müdahalesine ihtiyaç duymadan çalışabilmektedirler.

Advoard Robotics, bu teknolojik dönüşümde lider bir rol üstlenerek hem yazılım hem de donanımı kendi bünyesinde geliştiren ve üreten işbirlikli otonom filo robotlar sunmaktadır.



Görsel 1 Advoard Robotics ürün ailesi

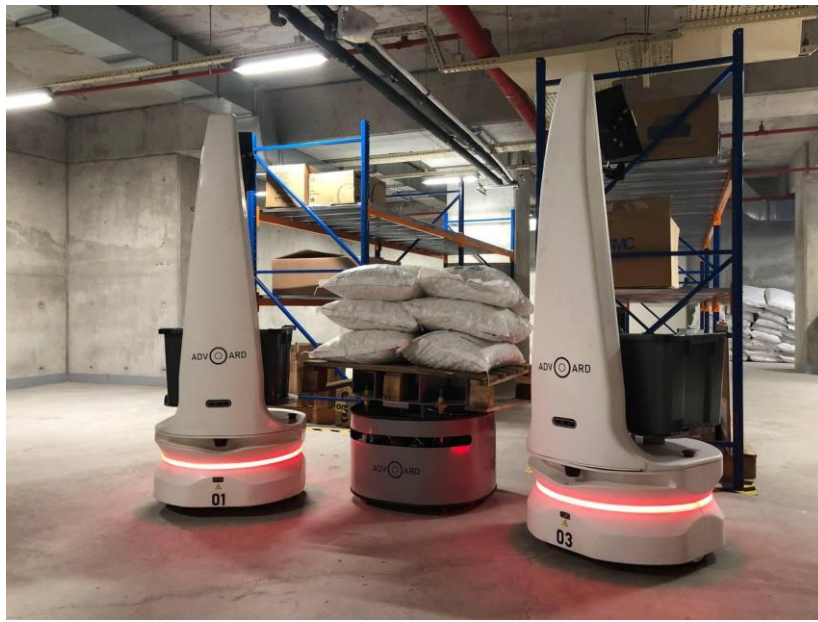
Otonom Filo Robotlar Özellikleri

Bu robotlar, gelişmiş sensörler ve algoritmalar kullanarak çevrelerini algılama, gerçek zamanlı haritalama yapma ve dinamik ortamlarda otonom olarak hareket etme yeteneklerine sahiptir. LiDAR, kameralar ve diğer sensörler yardımıyla yüksek hassasiyette konum belirleme ve yön bulma işlemlerini gerçekleştirebilmektedirler. LiDAR sensörler lazer veya ışık kullanarak ölçme işlemi gerçekleştiren bir uzaktan algılama yöntemi olarak tanımlanabilir. Bu yöntemde, ölçmek istenen nesne veya yüzeye gönderilen lazer darbesinin iletilme süresi ile nesneye çarpıp geri dönen yansımanın kaynağa ulaşma süresi arasındaki fark kullanılarak uzaklık belirlenir. (Kummerle vd. 2012). Genellikle, bu uzaklık bilgisi, lazerin hangi yönde gönderildiği ile ilgili bilgilerle de desteklenir.

Bu özellikler, robotların çevresel değişikliklere hızlı bir şekilde uyum sağlayarak verimli bir şekilde çalışmasına olanak tanımaktadır. Otonom filo robotları, depolama, üretim ve 3.parti lojistik süreçlerini otomatikleştirerek işletmelerin operasyonel verimliliğini artırmakta ve

maliyetleri azaltmaktadır. Otonom sistemler, iş gücü kayıplarını en aza indirirken, iş süreçlerinin daha etkin bir şekilde yürütülmesine olanak tanımaktadır. Bu nedenle, Advoard Robotics, müşterilerine maliyet optimizasyonu sağlamak ve rekabet avantajı elde etmelerini mümkün kılmaktadır.

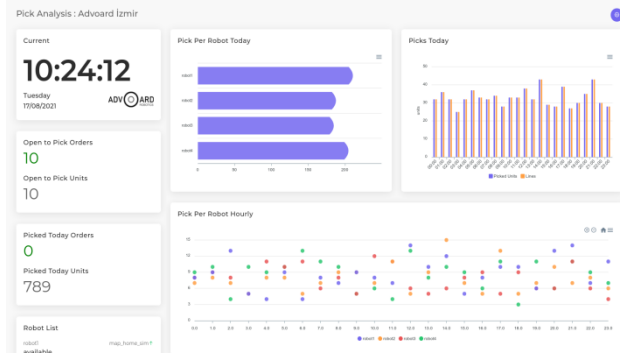
Geliştirilen otonom filo robotlar, yalnızca endüstriyel verimliliği artırmakla kalmayıp, çalışan sağlığı, ergonomi ve mental sağlığı üzerinde de önemli iyileştirmeler sunmaktadır. Fiziksel iş yükünü hafifleten bu robotlar, özellikle ağır yük taşıma ve tekrarlayan hareketlerin yerine getirilmesi gibi görevlerde çalışanları önemli ölçüde desteklemektedir. Aynı zamanda, çalışanlara ergonomik çalışma ortamı sunarak konforlarını artırmakta ve iş verimliliklerini olumlu yönde etkilemektedir. Bunun yanı sıra, robotların monoton ve fiziksel olarak zorlayıcı işleri devralması, çalışanların zihinsel yükünü azaltarak stres seviyelerini düşürmekte, iş tatminini ve motivasyonunu artırmaktadır.



Görsel 2 Advoard Robotics ürün ailesi

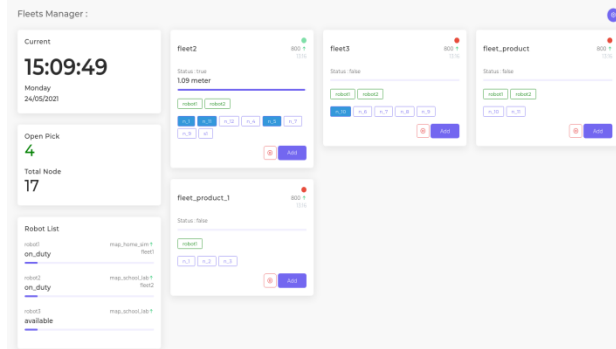
Advoard bünyesinde geliştirilen otonom filo robotların en dikkat çekici inovatif yönlerinden biri, kullanıcı dostu arayüzdür. Kullanıcılara sağlanan arayüz sayesinde robotların anlık durumu, rota planlaması, görev ataması ve performans izleme gibi önemli işlevlerin tümüne erişimi basitleştirmektedir. Bu arayüzün en büyük avantajı, teknik bilgi gerektirmeksizin kullanıcıların depo süreçlerini etkin bir şekilde yönetebilmelerini sağlamasıdır. Gelişmiş teknolojilere dayalı bu sistemin sade ve kullanımı kolay bir yapı sunması, robotların operatörler tarafından hızlı ve etkin bir biçimde kontrol edilmesine olanak tanır. Bu özellik, operasyonel hataları azaltmakta ve iş gücünün verimliliğini artırmaktadır.

Görsel 1 de stok kontrolü ve veri toplama için tasarlanmış bir kullanıcı arayüzü ekranı yer almakta. Bu ekran, depo yönetimi için gerçek zamanlı envanter bilgilerini ve robot filosunun kontrolünü kullanıcı dostu bir uygulamayla sağlamaktadır.



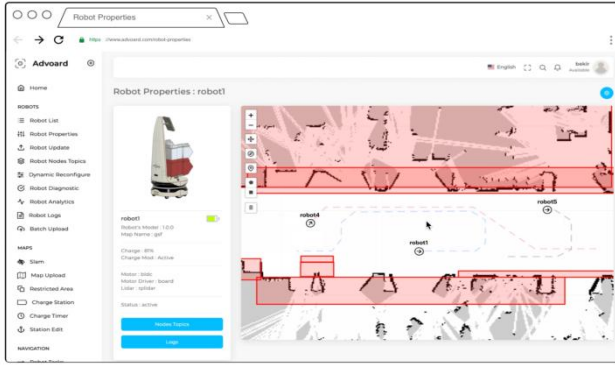
Görsel 3 Stok Kontrolü ve Veri Toplama Takip Ekranı

Tüm özelliklere ek olarak geliştirilen Filo Yönetim Sistemi (FMS), robotlar arasında etkili bir iletişim ağı kurar ve görevlerin en verimli şekilde dağıtılmasını sağlar. Robotlar, bu sistem sayesinde birbirleriyle senkronize bir şekilde çalışarak, depo içinde çarpışma riskini ortadan kaldırır, en kısa ve en uygun rotaları kullanır ve böylece operasyonel süreçlerin maksimum verimlilikle yürütülmesine katkıda bulunur. Bu entegrasyon, sadece yüksek performans sunmakla kalmayıp aynı zamanda işletmelere güvenli, esnek ve ölçeklenebilir bir teknoloji sunduğunun göstergesidir. Görsel 2 de, Advoard Robotics'in Filo Yönetim Sistemi (FMS) kullanıcı arayüzü yer almakta. Bu arayüz, robotlar arasında gerçek zamanlı iletişim ayrıca robotların depo içindeki konumlarını ve rotalarını gösteren harita, görev dağıtım durumunu takip etmeye olanak sağlar.



Görsel 4 Advoard Ara Yüz Filo Yönetim Sistemi Ekranı

Buna ek olarak yasaklı bölge yönetimi ve trafik kontrolü gibi önemli operasyonları da etkin bir şekilde yönetir. Kullanıcılar, depo içinde belirlenen güvenlik bölgelerini kolayca düzenleyebilir ve robotların bu alanlara girişini engelleyebilir. Aynı zamanda, trafik kontrolü özelliği sayesinde, robotlar arasında oluşabilecek çarpışmaların önüne geçilerek, operasyonlar sırasında en uygun rotalar üzerinden güvenli ve hızlı bir şekilde görevlerin tamamlanması sağlanır. Güzergâh planlama algoritması, otonom robotların iki nokta arasında engellerden kaçınarak en kısa ya da en uygun rotayı bulup ilerlemesine olanak tanır (Le et al., 2018). Robotik sistemlerde başarılı bir performans elde edebilmek için rota planlaması kritik bir unsurdur (Patle et al., 2019). Bu teknolojiler, depo içindeki güvenlik standartlarını artırırken, iş süreçlerinin kesintisiz ve optimum verimlilikle yürütülmesini mümkün kılar.



Görsel 5 Advoard Ara Yüz Yasaklı Bölge Seçimi ve Trafik Yönetimi Ekranı

Advoard Robotics, mevcut lojistik ve depo yönetimi sektörlerine olan etkisinin yanı sıra, robotik çözümlerini farklı endüstrilere uyarlamaya odaklanmaktadır. Farklı sektörlerdeki uygulama potansiyeli özellikle dikkat çekmektedir.

Örneğin, otonom filo robotları, sadece lojistik ve e-ticaret depolarında değil, aynı zamanda üretim, otomotiv, tarım ve sağlık sektörlerinde de kullanılabilir. Farklı sektörlerdeki gereksinimlere özel olarak uyarlanabilen robotlar, global pazarın ihtiyaçlarını karşılamak için ölçeklenebilir ve esnek çözümler sunmaktadır.

SONUÇ

Özetle, Advoard Robotics'in gerçekleştirdiği inovatif süreçler, otonom mobil robot teknolojisinin sınırlarını genişleterek endüstriyel operasyonlarda dönüşüm yaratmıştır. Geliştirilen çözümler, işletmelere yalnızca operasyonel verimlilik kazandırmakla kalmayıp, maliyetleri düşürmek, iş gücü verimliliğini artırmak ve güvenliği sağlamak gibi çok yönlü avantajlar sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Kummerle, R., Grisetti, G. ve Burgard, W., 2012. "Simultaneous parameter calibration, localization, and mapping", *Advanced Robotics*, 26(17), 2021-2041.
- Le, A., Prabakaran, V., Sivanantham, V., ve Mohan, R., 2018. "Modified a-star algorithm for efficient coverage path planning in tetris inspired self-reconfigurable robot with integrated laser sensor", *Sensors*, 18(8), 2585.
- Patle, B. K., Pandey, A., Parhi, D. R. K., ve Jagadeesh, A., 2019. "A review: on path planning strategies for navigation of mobile robots", *Defence Technology*.

Çatı Tipi Güneş Panel Temizleme Robotunun Geliştirilmesi

Muhammed Yıldız, Optimak STU, ArGe Merkezi, Furkan Gültürk, Optimak STU, ArGe Merkezi, Hakan Baytemur Optimak STU, ArGe Merkezi, Mustafa Zahid Yıldız, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Süleyman Uzun, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

muhammed.yildiz@tr.optimakstu.com, furkan.gulturk@tr.optimakstu.com,
hakan.baytemur@tr.optimakstu.com, mustafayildiz@subu.edu.tr, suleymanuzun@subu.edu.tr

ÖZET

Önerilen çalışma, çatı tipi güneş paneli temizleme robotu, panellerin yüzeyini güvenli ve verimli bir şekilde temizlemek için tasarlanmıştır. Robot, minimum enerji ve su tüketimiyle, yüksek hassasiyetle çalışır. Geliştirilen robot ile temizlenen çatı tipi güneş panellerinin temizlik işlemlerini maliyetleri düşürerek hızlandırmış ve çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: yenilenebilir enerji, güneş panelleri, enerji verimliliği

AMAÇLAR

Güneş enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yer tutmaktadır ve elektrik üretiminde ki payı her geçen gün artmaktadır. Güneş panellerinin verimli ve performanslı bir şekilde çalışabilmesi için temiz tutulmaları oldukça önemlidir. Çevresel faktörlerden kaynaklanan kirlilikler, toz, kir, kuş dışı ve polen birikintileri, enerji üretim verimliliğini %50'lere kadar düşürebilmektedir. Bu tür kirlleticilerin yüzeyde birikmesi, güneş ışığının panele ulaşmasını engelleyerek performans kayıplarına yol açar. Bu nedenle, panellerin periyodik olarak temizlenmesi, enerji verimliliğini korumak için çok önemlidir. Güneş panellerinin temizlenmesi sırasında kullanılan su miktarı, temizlik sürelerinin uzun olması, artan işçilik maliyetleri vb. etmenler temizlik maliyetlerini oldukça arttırmaktadır. Önerilen çalışma ile güneş panellerinin daha az su kullanımı, kısa sürede temizlik işlemlerinin bitirilmesi, çok daha az iş gücü ile yapılması sayesinde maliyetleri önemli derecede azaltmaktadır.

Önerilen çalışmada, robotun temizlik hızı, günlük temizlik kapasitesinin artırılması, iş gücünü azaltılması, panel sağlığını koruma becerisi ve enerji verimliliğinin sağlanması amacıyla Ar-Ge çalışmaları yapılmıştır. Robot, 1MW kapasitesindeki güneş panellerini 6 saat içinde temizleyebilmektedir ve bu işlem sırasında yalnızca yaklaşık 1800W enerji tüketmektedir. Geleneksel yöntemlerle aynı kapasitedeki panellerin temizlenmesi, standart fırçalarla 2 personelin çalışmasıyla yaklaşık 4 gün sürmektedir. Döner başlıklı fırçalarla yapılan temizliklerde ise 2 kişi, günde 8 saat çalışarak 2 gün boyunca temizlik yapmakta ve saatlik elektrik tüketimi 800W olmaktadır. Robotun bu yüksek verimliliği, temizlik işlemlerinin süresini ve maliyetini büyük ölçüde azaltmaktadır. Geleneksel yöntemler, manuel temizlik işlemleri sırasında yüksek miktarda iş gücü gerektirmekte ve bu da işletme maliyetlerini artırmaktadır. Robotun otomatik ve otonom çalışma yeteneği, iş gücü ihtiyacını minimuma indirerek maliyetleri düşürmektedir. Ayrıca, manuel temizlik sırasında oluşabilecek insan hataları ve panellerin zarar görme riskleri de robotun kullanımıyla ortadan kalkmaktadır. Ayrıca robotun su tüketimi de geleneksel sistemlere kıyasla oldukça düşüktür. Robot, temizlik sırasında saatte 550-700 litre su tüketmektedir. Buna karşın, geleneksel döner başlıklı fırçalarla

yapılan temizlik işlemlerinde saatlik su tüketimi yaklaşık 3 ton civarındadır. Bu, robotun su tüketimi açısından da çevre dostu bir çözüm sunduğunu göstermektedir.

PROJE KONUSU BELİRLEYEN İHTİYAÇLAR

Güneş enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yer tutmaktadır ve elektrik üretiminde giderek artan bir paya sahiptir. Ancak, güneş panellerinin verimli çalışabilmesi için temiz tutulmaları gerekmektedir. Kirlilikten kaynaklı olarak enerji üretim verimliliği %50'ye kadar düşebilir. Bu düşüş, fabrikalardan çıkan duman, doğal taşınım ve diğer çevresel faktörlerden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, güneş panellerinin düzenli olarak temizlenmesi büyük önem taşır. Temizlik işlemi sırasında dikkat edilmesi gereken birçok husus bulunmaktadır. Öncelikle, temizlik işlemi sırasında panellerde kılcal çatlaklar oluşturmadan, panel sağlığını koruyarak temizlik yapılması gerekmektedir.

Kılcal çatlaklar, panellerin dayanıklılığını azaltabilir ve ömrünü kısaltabilir. Aynı zamanda, çatlaklar önce mevcut panelin ve devamında tüm seri bağlantılı panel dizisinin çalışmasını durdurmakta ve dikkat edilmemesi durumunda yangınlara yol açabilmektedir. Temizlik süresi ve işçilik maliyetleri de göz önünde bulundurulması gereken önemli faktörlerdir. Güneş panellerinin temizliği, genellikle yüksek maliyetli ve zaman alıcı bir süreçtir. Bu nedenle, en az çalışan ile en fazla temizliğin yapılabilmesi, maliyetlerin düşürülmesi açısından kritik öneme sahiptir. Bu gereksinimler projenin konusunu belirlemekte belirgin rol oynamaktadır.

PROJE KAPSAMINDA YAPILACAK FAALİYETLER:

Proje kapsamında, çatı tipi güneş paneli temizleme robotunun tasarımı ve geliştirilmesi amacıyla çeşitli faaliyetler gerçekleştirilecektir. Bu faaliyetler, elektriksel, donanımsal ve yazılımsal bileşenleri kapsamaktadır. Aşağıda bu faaliyetlerin detaylı açıklamaları verilmiştir:

Mekanik Tasarım

Solar panel temizleme robotunun tasarım sürecinde, robotun panel yüzeyinde gezinirken mikro çatlaklara sebebiyet vermemesi için panel temas yüzeyine en az basıncı uygulayacak şekilde çalışmalar yapılacaktır. Bu kapsamda, robotun alüminyum gövdesi ve özel kauçuk paletleri tasarlanıp üretilcektir. Paletlerin panel yüzeyine uyguladığı basınç optimize edilerek minimum düzeyde tutulacaktır. Ayrıca, robotun düşme riskini minimize etmek için düşme engelleyici sensörler monte edilecektir.

Elektriksel Tasarımlar

Robotun tüm elektriksel kablolama sistemi, IP67 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilecektir. Motor bağlantı kabloları ve sürücü kontrol kartları izole edilerek güvenlik sağlanacaktır. Robotun CE sertifikası alabilmesi için gerekli tüm elektriksel güvenlik testleri yapılacaktır. Bu testler, robotun elektriksel bileşenlerinin güvenli ve dayanıklı olduğundan emin olmasını sağlayacaktır.

Yazılımsal Tasarımlar

Robotun hareket yönü ve hızlarının RF tabanlı kumanda ile kontrol edilebilmesi için özel bir yazılım geliştirilecektir. Bu kumanda, robotun çalışma parametrelerini (fırça hızları, hareket hızı, ivmelenme süreleri) ekranda göstererek kullanıcıya kolaylık sağlayacaktır. Ayrıca, robotun motor kontrolü için PID kontrol algoritması kullanılacaktır. Bu algoritma, aşırı akım

çekme durumlarını önleyerek robotun daha yumuşak hareket etmesini ve batarya tüketiminin optimize edilmesini sağlayacaktır.

Testler

Robotun mekanik dayanımı ve uzun ömürlülüğünü değerlendirmek için mekanik dayanım testleri gerçekleştirilecektir. Bu testler, robotun farklı yüzey koşullarında ve eğimlerde nasıl performans gösterdiğini ölçmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, robotun CE sertifikası alabilmesi için gerekli mekanik dayanım testleri yapılacaktır.

Robotun güneş panellerinde kılcal çatlak oluşturup oluşturmadığını belirlemek amacıyla, TSE tarafından gerçekleştirilen testlere tabi tutulacaktır. Bu test sonuçları doğrultusunda, robotun tasarımında gerekli iyileştirmeler yapılacaktır.

Robotun IP67 koruma standardına uygun olup olmadığını doğrulamak için su ve toz geçirmezlik testleri yapılacaktır. Bu testler, robotun zorlu çevresel koşullarda güvenilir bir şekilde çalışmasını sağlamayı hedeflemektedir. Robotun temizlik kapasitesi ve verimliliğini ölçmek amacıyla temizlik verimliliği ve kapasite testleri gerçekleştirilecektir. Bu testlerde, robotun belirlenen sürelerde ve alanlarda ne kadar etkin temizlik yapabildiği değerlendirilecektir. Robotun RF kumanda ile kontrol ve hız testleri yapılarak kumandanın tepki süresi ve doğruluğu ölçülecektir. Bu testler, kullanıcıların robotu ne kadar kolay ve güvenli bir şekilde kontrol edebileceğini belirlemek için önemlidir. Son olarak, robotun su sıcaklığı ile panel sıcaklığını dengeleyerek termal şok riskini nasıl minimize ettiğini belirlemek amacıyla termal şok önleme testleri yapılacaktır. Bu testler, robotun güneş panellerine zarar vermeden temizlik yapmasını sağlayacaktır.

PROJE KAPSAMINDA YAPILAN FAALİYETLER

Proje kapsamında, çatı tipi güneş paneli temizleme robotunun tasarımı ve geliştirilmesi amacıyla birçok faaliyet gerçekleştirilmiştir. Bu faaliyetler, elektriksel, donanımsal ve yazılımsal bileşenlerin tasarımı ve test edilmesini içermektedir. Aşağıda bu faaliyetlerin detaylı açıklamaları verilmiştir:

Mekanik Tasarım

Solar panel temizleme robotunun tasarım sürecinde, robotun panel yüzeyinde gezinirken mikro çatlaklara sebebiyet vermemesi için panel temas yüzeyine en az basıncı uygulayacak şekilde çalışmalar yapılmıştır. Robotun alüminyum gövdesi ve özel kauçuk paletleri tasarlanmış ve üretilmiştir. Paletlerin panel yüzeyine uyguladığı basınç optimize edilerek minimum düzeyde tutulmuştur. Robotun düşme riskini minimize etmek için düşme engelleyici sensörler monte edilmiştir. Robotun mekanik dayanımı ve uzun ömürlülüğü test edilmiştir. Bu testler, robotun farklı yüzey koşullarında ve eğimlerde performansını değerlendirmiştir.

Elektriksel Tasarımlar

Robotun tüm elektriksel kablolama sistemi, IP67 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Motor bağlantı kabloları ve sürücü kontrol kartları izole edilerek güvenlik sağlanmıştır. Robotun CE sertifikası alabilmesi için gerekli tüm elektriksel güvenlik testleri yapılmıştır. Bu testler, robotun elektriksel bileşenlerinin güvenli ve dayanıklı olduğunu doğrulamıştır.

Yazılımsal Çalışmalar

Robotun hareket yönü ve hızlarının RF tabanlı kumanda ile kontrol edilebilmesi için özel bir yazılım geliştirilmiştir. Bu kumanda, robotun çalışma parametrelerini (fırça hızları, hareket hızı, ivmelenme süreleri) ekranda göstererek kullanıcıya kolaylık sağlamaktadır. Robotun motor kontrolü için PID kontrol algoritması entegre edilmiştir. Bu algoritma, aşırı akım çekme durumlarını önleyerek robotun daha yumuşak hareket etmesini ve batarya tüketiminin optimize edilmesini sağlamıştır.

Testler

Robotun mekanik dayanımı ve uzun ömürlülüğünü değerlendirmek amacıyla mekanik dayanım testleri gerçekleştirilmiştir. Bu testler, robotun farklı yüzey koşullarında ve eğimlerde nasıl performans gösterdiğini ölçmüştür. Robotun CE sertifikası alabilmesi için gerekli mekanik dayanım testleri yapılmıştır. CE belgesi bulunmaktadır.

Robotun güneş panellerinde kılcal çatlak oluşturup oluşturmadığını belirlemek amacıyla, TSE tarafından gerçekleştirilen testlere tabi tutulmuştur. Test sonuçları doğrultusunda, robotun tasarımında gerekli iyileştirmeler yapılmıştır.

Robotun IP67 koruma standardına uygun olup olmadığını doğrulamak amacıyla su ve toz geçirmezlik testleri yapılmıştır. Bu testler, robotun zorlu çevresel koşullarda güvenilir bir şekilde çalışmasını sağlamayı hedeflemektedir.

Robotun temizlik kapasitesi ve verimliliğini ölçmek amacıyla temizlik verimliliği ve kapasite testleri gerçekleştirilmiştir. Bu testlerde, robotun belirlenen sürelerde ve alanlarda ne kadar etkin temizlik yapabildiği değerlendirilmiştir.

Robotun RF kumanda ile kontrol ve hız testleri yapılarak kumandanın tepki süresi ve doğruluğu ölçülmüştür. Bu testler, kullanıcıların robotu ne kadar kolay ve güvenli bir şekilde kontrol edebileceğini belirlemek için önemlidir.

PROJENİN YENİLİKÇİ YÖNÜ VE AR-GE NİTELİĞİ

Geliştirilen çatı tipi güneş paneli temizleme robotu, mevcut teknolojilere kıyasla bir dizi yenilikçi özelliğe ve ileri düzey Ar-Ge çalışmalarına dayanmaktadır. Bu özellikler, robotun temizlik hızına, günlük temizlik kapasitesine, iş gücünü azaltma kabiliyetine, panel sağlığını koruma becerisine ve enerji verimliliğine odaklanmaktadır. Robotun geliştirilmesi sürecinde elde edilen yenilikçi yönler aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Robotun temizlik hızı ve kapasitesi, geleneksel yöntemlere kıyasla önemli avantajlar sunmaktadır. Robot, 1MW kapasitesindeki güneş panellerini 6 saat içinde temizleyebilmektedir ve bu işlem sırasında yalnızca yaklaşık 1800W enerji tüketmektedir. Geleneksel yöntemlerle aynı kapasitedeki panellerin temizlenmesi, standart fırçalarla 2 personelin çalışmasıyla yaklaşık 4 gün sürmektedir. Döner başlıklı fırçalarla yapılan temizliklerde ise 2 kişi, günde 8 saat çalışarak 2 gün boyunca temizlik yapmakta ve saatlik elektrik tüketimi 800W olarak

hesaplanmaktadır. Robotun bu yüksek verimliliği, temizlik işlemlerinin süresini ve maliyetini büyük ölçüde azaltmaktadır.

İş gücü verimliliği açısından, robotun kullanımı önemli avantajlar sağlamaktadır. Geleneksel yöntemler, manuel temizlik işlemleri sırasında yüksek miktarda iş gücü gerektirmekte ve bu da işletme maliyetlerini artırmaktadır. Robotun otomatik ve otonom çalışma yeteneği, iş gücü ihtiyacını minimuma indirerek maliyetleri düşürmektedir. Ayrıca, manuel temizlik sırasında oluşabilecek insan hataları ve panellerin zarar görme riskleri de robotun kullanımıyla ortadan kalkmaktadır.

Panel sağlığını koruma konusunda robotun tasarımı ve işleyişi, mevcut sistemlere göre önemli üstünlükler sunmaktadır. Geleneksel yöntemlerde kullanılan fırçalar, panellerin yüzeyinde çizikler ve kılcal çatlaklar oluşturmaktadır. Bu çatlaklar, panellerin dayanıklılığını azaltarak uzun vadede verim kaybına yol açmaktadır. Geliştirilen robot ise, Nylon 6.6 fırça yapısı ve özel paletli tasarımı sayesinde bu tür hasarları önlemektedir. Robot, güneş panellerinin yüzeyinde mikro çatlaklar oluşturmada hassas ve etkili bir temizlik sağlamaktadır. TSE tarafından gerçekleştirilen testlerde, robotun panellerde kılcal çatlak oluşturmadığı doğrulanmıştır. Paletlerin panel yüzeyine uyguladığı basınç, robotun özel kauçuk paletleri ve alüminyum gövdesi sayesinde optimize edilmiştir. Bu sayede, panel yüzeyine zarar vermeden temizlik yapılabilmektedir.

Enerji verimliliği açısından, robotun kullanımı geleneksel yöntemlere göre daha az güç tüketimi sağlamaktadır. Robotun enerji tüketimi, 1MW kapasitesindeki panellerin temizliği sırasında saatlik yaklaşık 210W olarak ölçülmüştür. Bu, geleneksel yöntemlerin enerji tüketimiyle kıyaslandığında oldukça düşüktür. Örneğin, döner başlıklı fırçalarla yapılan temizlikte saatlik enerji tüketimi 800W olarak hesaplanmıştır. Bu durum, robotun enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik açısından üstünlüğünü ortaya koymaktadır.

Ayrıca, robotun su tüketimi de geleneksel sistemlere kıyasla oldukça düşüktür. Robot, temizlik sırasında saatte 550-700 litre su tüketmektedir. Buna karşın, geleneksel döner başlıklı fırçalarla yapılan temizlik işlemlerinde saatlik su tüketimi yaklaşık 3 ton civarındadır. Bu, robotun su tüketimi açısından da çevre dostu bir çözüm sunduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, çatı tipi güneş paneli temizleme robotu, temizlik hızı ve kapasitesi, iş gücü verimliliği, panel sağlığını koruma ve enerji verimliliği konularında mevcut yöntemlere göre önemli yenilikçi avantajlar sunmaktadır. Bu özellikler, robotun yenilikçi yönlerini ve ileri düzey Ar-Ge çalışmalarının sonucunda elde edilen başarıları vurgulamaktadır.

PROJENİN BEKLENEN ÇIKTILARI VE FAYDALARI

Geliştirilen çatı tipi güneş paneli temizleme robotu, bir dizi yenilikçi özellik ve üstün performans sunarak mevcut temizlik yöntemlerine kıyasla önemli avantajlar sağlamaktadır. Projenin beklenen çıktıları ve faydaları, temizlik hızı ve kapasitesi, iş gücü verimliliği, panel sağlığını koruma ve enerji verimliliği açısından değerlendirilmektedir.

Temizlik Hızı ve Kapasitesi: Robotun temizlik hızı ve kapasitesi, geleneksel yöntemlere kıyasla belirgin avantajlar sunmaktadır. Robot, 1MW kapasitesindeki güneş panellerini 6 saat içinde temizleyebilmekte ve bu işlem sırasında yalnızca yaklaşık 1800W enerji tüketmektedir. Buna karşılık, geleneksel yöntemlerle aynı kapasitedeki panellerin temizlenmesi, standart fırçalarla 2 personelin çalışmasıyla yaklaşık 4 gün sürmektedir. Döner başlıklı fırçalarla yapılan

temizliklerde ise 2 kişi, günde 8 saat çalışarak 2 gün boyunca temizlik yapmakta ve saatlik elektrik tüketimi 800W olarak hesaplanmaktadır. Robotun yüksek temizlik hızı ve kapasitesi, temizlik işlemlerinin süresini ve maliyetini büyük ölçüde azaltarak operasyonel verimliliği artırmaktadır.

İş Gücü Verimliliği: Robotun kullanımı, iş gücü verimliliği açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Geleneksel yöntemler, manuel temizlik işlemleri sırasında yüksek miktarda iş gücü gerektirmekte ve bu da işletme maliyetlerini artırmaktadır. Robotun otomatik ve otonom çalışma yeteneği, iş gücü ihtiyacını minimuma indirerek maliyetleri düşürmektedir. Ayrıca, manuel temizlik sırasında oluşabilecek insan hataları ve panellerin zarar görme riskleri de robotun kullanımıyla ortadan kalkmaktadır. Bu durum, hem işgücü verimliliğini artırmakta hem de iş güvenliğini sağlamaktadır.

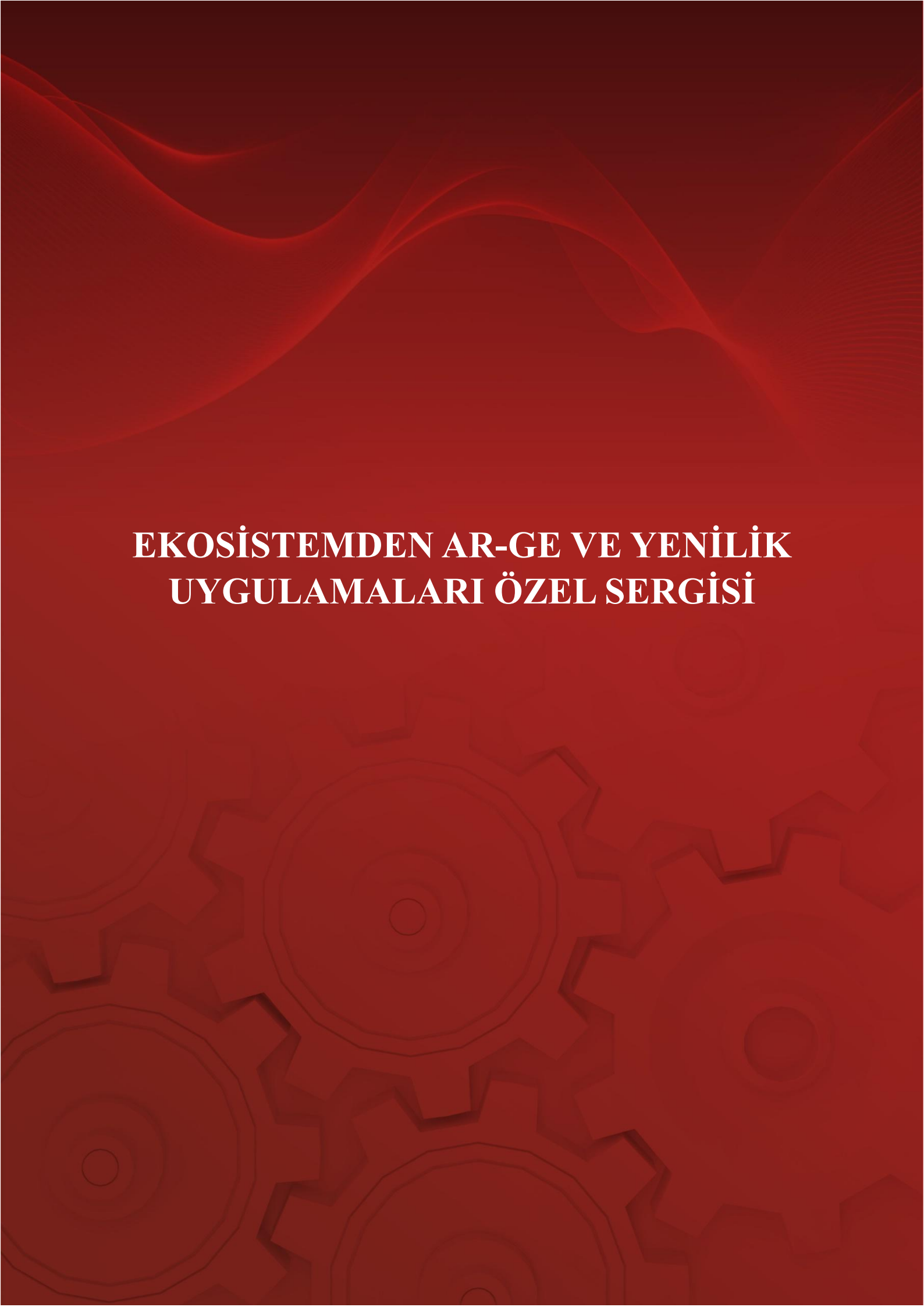
Panel Sağlığını Koruma: Panel sağlığını koruma konusunda robotun tasarımı ve işleyişi, mevcut sistemlere göre önemli üstünlükler sunmaktadır. Geleneksel yöntemlerde kullanılan fırçalar, panellerin yüzeyinde çizikler ve kılcal çatlaklar oluşturmaktadır. Bu çatlaklar, panellerin dayanıklılığını azaltarak uzun vadede verim kaybına yol açmaktadır. Geliştirilen robot ise, Nylon 6.6 fırça yapısı ve özel paletli tasarımı sayesinde bu tür hasarları önlemektedir. Robot, güneş panellerinin yüzeyinde mikro çatlaklar oluşturmada, hassas ve etkili bir temizlik sağlamaktadır. TSE tarafından gerçekleştirilen testlerde, robotun panellerde kılcal çatlak oluşturmadığı doğrulanmıştır. Bu sayede, panellerin ömrü uzamakta ve enerji üretim verimliliği korunmaktadır.

Enerji Verimliliği: Enerji verimliliği açısından, robotun kullanımı geleneksel yöntemlere göre daha az güç tüketimi sağlamaktadır. Robotun enerji tüketimi, 1MW kapasitesindeki panellerin temizliği sırasında saatlik yaklaşık 210W olarak ölçülmüştür. Bu, geleneksel yöntemlerin enerji tüketimiyle kıyaslandığında oldukça düşüktür. Örneğin, döner başlıklı fırçalarla yapılan temizlikte saatlik enerji tüketimi 800W olarak hesaplanmıştır. Robotun düşük enerji tüketimi, hem maliyetleri azaltmakta hem de çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir.

Su Tüketimi: Robotun su tüketimi de geleneksel sistemlere kıyasla oldukça düşüktür. Robot, temizlik sırasında saatte 550-700 litre su tüketmektedir. Buna karşın, geleneksel döner başlıklı fırçalarla yapılan temizlik işlemlerinde saatlik su tüketimi yaklaşık 3 ton civarındadır. Robotun düşük su tüketimi, su kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlamakta ve çevre dostu bir çözüm sunmaktadır.

SONUÇ

Geliştirilen çatı tipi güneş paneli temizleme robotu, temizlik hızı ve kapasitesi, iş gücü verimliliği, panel sağlığını koruma ve enerji verimliliği konularında mevcut yöntemlere göre avantajlar sağlamaktadır. Robotun kullanımı, güneş enerjisi santrallerinin bakım ve temizlik süreçlerini optimize ederek, enerji üretim verimliliğini artırmakta ve işletme maliyetlerini düşürmektedir. Aynı zamanda, çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunarak, su ve enerji tasarrufu sağlamaktadır. Bu bağlamda, çatı tipi güneş paneli temizleme robotu, yenilikçi teknolojisi ve performansı ile güneş enerjisi sektöründe önemli bir araç olarak kullanılacağı düşünülmektedir.

The background is a solid red color. In the upper half, there are wavy, flowing lines that resemble liquid or smoke. In the lower half, there are several interlocking gears of different sizes, rendered in a slightly darker shade of red, creating a mechanical or industrial feel.

EKOSİSTEMDEN AR-GE VE YENİLİK UYGULAMALARI ÖZEL SERGİSİ

Endüstriyel Tesislerde Enerji Verimliliğini Artırmak İçin Hava Kaçaklarının Tespiti Ve Onarımı

Hamza Doğan, Yiğit Güller, Eren Boyacı, Ayhan Vatansever, Halil Ulupınar, Çuhadaroğlu Metal Çuhadaroğlu Metal Sanayi ve Pazarlama A.Ş

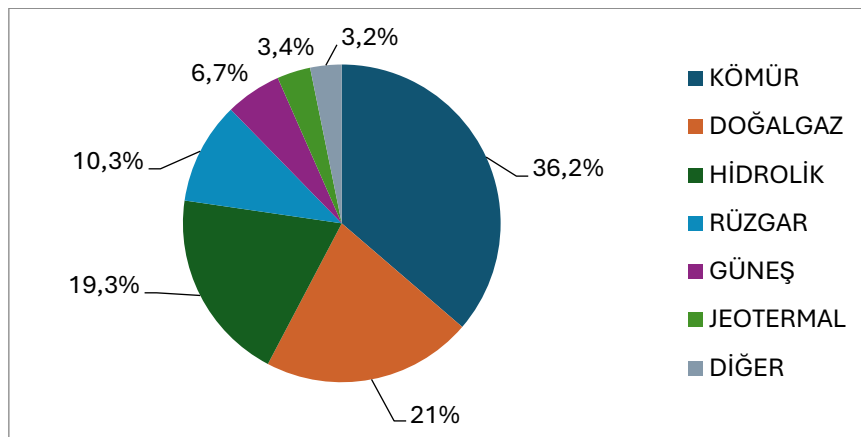
hamza_dogan@cuhadaroglu.com, yigit_guller@cuhadaroglu.com,
eren_boyaci@cuhadaroglu.com, ayhan_vatansever@cuhadaroglu.com,
halil_ulupinar@cuhadaroglu.com

ÖZET

Günümüzde endüstriyel tesislerde kullanılan enerjinin üretilmesi ve kullanımı sırasında verimliliğin artırılması gittikçe önem kazanmaktadır. Endüstriyel tesislerde enerji kayıpları incelendiğinde hava kaçaklarının önemli bir yer tuttuğu gözlemlenmiştir. Sürdürülebilirlik, karbon salımının azaltılması ve 2053 yılı itibariyle net sıfır emisyon hedefleri dikkate alındığında hava kaçaklarının periyodik kontroller ile tespit edilmesi, ölçülmesi ve önlenmesi firmalar için önem arz etmektedir. Çalışma kapsamında hava kaçaklarının tespit edilmesi, maliyeti ve neden olduğu karbon salımını otomatik olarak hesaplayan cihazlar araştırılarak en uygun cihaz seçilmiştir. Bu cihaz kullanılarak periyodik olarak yapılan kontroller sonucunda hava kaçaklarının firmaya yıllık maliyetleri belirlenerek elde edilen kazançlar hesaplanmıştır.

GİRİŞ

Endüstri tesisleri modern dünyanın inşasını oluştururken aynı zamanda doğaya ve çevreye etkileri dikkat çekmektedir. Bu etkilerin başında enerji tüketimi gelmektedir. Koç E. ve ark. [1], yaptıkları çalışmada dünya genelinde kullanılan enerjinin %91'lik payının yenilenemez kaynaklarından sağlandığını incelemiştir. Günümüzde yenilenebilir enerjinin kullanılan enerjiye oranı %22'ye yükselmektedir. Yenilenebilir enerji oranı geçtiğimiz on yılda %12 yükselmesine rağmen enerji üretiminin büyük çoğunluğu yenilenemeyen enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Şekil 1'de Türkiye'de enerji kaynaklarına göre elektrik üretim oranları gösterilmektedir.



Şekil 21 2023 yılı Türkiye'de enerji üretimi kaynakları [2]

Elektrik enerjisi üretiminin %57,2'si yenilenemeyen enerji kaynaklarından karşılanmasından dolayı endüstri tesislerindeki karbon ayak izinin azaltılması için enerji verimliliğinin yükseltilmesi gerekmektedir. Verimliliği olumsuz yönde etkileyen sebeplerin başında enerji kayıpları gelmektedir. Bu kayıpların başlıca sebeplerinden biri de hava kaçaklarıdır.

Endüstriyel tesislerdeki hava kaçakları, sadece enerji verimliliğinin azalmasına neden olmamakla birlikte kullanılan ekipmanlarada zarar vermektedir. Tesiste çalışma yapılmadığı veya duraklama sürelerinde kompresörler kapatılarak gereksiz enerji kullanımının önüne geçilebilmektedir. Gelişen teknoloji ile endüstriyel tesislerde hava kaçaklarının tespit edilmesi ve onarılması kolaylaştığı bilinmektedir. Yapılan çalışmaların devamlılık ve sürdürülebilirlik sağlaması için işletme kültürüne kazandırılması gerekmektedir. Mevcut sistemde hava kaçaklarının engellenmesi durumunda sistemin ihtiyaç duyacağı basıncın azalarak ihtiyaç duyulan basınca uygun daha düşük hacimli bir kompresör kullanılabilir. Kompresörlerin çalışma koşulları da verimliliklerini etkileyen bir diğer önemli parametredir. Kompresörün bulunduğu ortamdaki havanın soğutulup giriş sıcaklığının düşürülmesi ile kış aylarında tesisin ısınması için soğutma sıvısından gelen sıvı kullanılarak enerji tasarrufu sağlanabilir [3-9].

M. S. Al-Dabbagh ve ark. [10], tarafından yapılan çalışmada kompresörün çalışması için arka planda çalışan motorların verimlilikleri %70 ile %90 arasında olduğunudikkate almışlardır. Çalışmada kullanılan motorların elektrik enerjisinin %100'ünü mekanik enerjiye dönüştüremeyeceği ve elektrik enerjisinin bir kısmının ısı enerjisine dönüştüğü belirtilmiştir. Sistemdeki pnömatik ekipmanların hava kaçaklarının tüm sistemin basıncını negatif yönde etkileyerek pnömatik ekipmanların verimliliğini azaltmaktadır. Düşen hava basıncı kompresöründaha uzun süre çalışmasına neden olacağından kompresörün ve pnömatik aletlerinde ömrünü negatif etkilemektedir. Bu durum ani kesintilerin artmasına aynı zamanda planlanan bakım periyotlarının sıklaşmasına neden olmaktadır.

Bursa'da bulunan Ege Fren firmasının [11], hava kaçaklarının tespiti ve giderilmesi konusunda yaptığı kaizen çalışması sonucunda, enerji kayıplarını azaltmak için ultrasonik ölçüm cihazı kullanılarak hava kaçağı tespitleri yapılmıştır ve kompresör üzerinden yapılan ölçümlerde firmanın hava kaçak oranı %21 olarak tespit edilmiştir. Hava kaçaklarının giderilmesi için yapılan iyileştirmeler ve bakımlar sonucunda hava kaçak oranı %21'den %7'ye düşürülmüştür. Bu iyileştirme ile birlikte firmada yaklaşık 7500\$ / yıl kaybın önüne geçildiği belirtilmiştir.

A. Zaim ve ark. [12], çalışmasında enerji verimliliğinin artması için kompresörlerin konumlarının önemine değinmişlerdir. Kompresör gün ışığından ve ısı oluşturan makinelerden uzak, toz miktarının az olduğu, sıcaklığın düşük, temiz ve saf hava akışının olduğu ortamlarda çalıştırılması gerekmektedir. Kompresörün emiş yaptığı havanın sıcaklığı her 5°C düşürülmesiyle kompresör veriminin %2 arttığı belirtilmiştir. Uygun çalışma şartlarının sağlanması için kompresör dairelerinin binaların kuzey cephesi ve yağmur görmeyecek şekilde inşa edilmelidir. Kompresörlerin egzozlarından çıkan sıcak hava bulundukları ortamdan ziyade atmosfere verilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte dikkat edilmesi gereken bir diğer konu ise kompresörlerin periyodik bakımlarıdır. Kompresörlerin işletme basıncının, enerji maliyetlerini artmaması için sistemin ihtiyacını karşılayacak şekilde minimum basınçta tutulması gerekmektedir. Bu duruma binaen işletme içinde yüksek basınç ihtiyacı duyan bölümlere özel olarak basınç yükselticiler koyulması gerekmektedir. Basıncı hava hatlarından dolayı basınç kaybı yaşamamak için olabildiğince keskin dönüşlerden kaçınılmalı ve boru seçimleri optimum şartlara uygun seçilmeli, hava hatlarının içinde yoğunlaşan su ve yağların sistemden ayrıştırılması için drenaj bölgeleri oluşturulmalıdır. İşletme prosesine zarar vermeyecek şekilde işletme basıncı 7 bar'dan 6 bar'a indirilmesiyle enerji sarfiyatında %12 düşüş sağlandığı belirtilmiştir.

A. Schenck ve ark. [13], çalışmasında endüstriyel tesislerdeki hava kaçaklarının enerji verimliliği üzerindeki etkilerini, hava kaçaklarının tespiti ve onarımı için pratik çözümler incelenmiştir. Bu çalışmada hava kaçaklarının tüketilen toplam enerjinin üçte biri oranında olduğunu belirtmiştir. Hava kaçak bölgesinde meydana gelen ultrasonik ses seviyesindeki kaçakların tespiti için el tipi ölçüm cihazları kullanılmaktadır. Hava kaçaklarının neden olduğu

enerji maliyetleri, tesisin toplam enerji maliyeti içerisinde ayrı olarak değerlendirilmediği için dikkate alınmamaktadır. Endüstriyel tesislerin enerji maliyeti hesaplamalarında belirli bir sistematik yöntem izlenerek kayıp enerji maliyetlerine de önem verilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Bu çalışmada enerji verimliliğinin artırılması için ilk olarak enerji kaybının en yüksek olduğu ve çözümünün pratik olduğu hava kaçaklarının ultrasonik yöntemler ile tespit edilmesi ve gerekli onarımlarının yapılması gerektiği incelenmiştir.

MATERYAL METOD

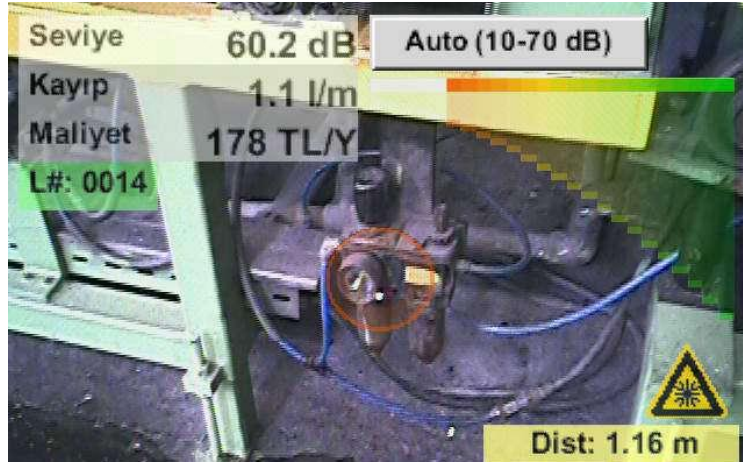
Hava kaçağı ultrasonik yöntemler ile tespiti için Cs Instruments firmasının geliştirdiği LD510 cihazının yapılacak iyileştirmeye uygun olacağı belirlenmiştir. LD 510 Şekil 2’de gösterildiği gibi, hassas algılayıcıları ve kullanım kolaylığı ile bilinen bir cihazdır ve endüstriyel tesislerde enerji verimliliğini artırmak için etkili bir araç olarak kabul edilmektedir. LD510 cihazı ile noktasal hava kaçaklarının neden olduğu enerji maliyeti ve hava kaçağı miktarı tespit edilecektir. Bu veriler kullanılarak toplam kayıp enerji maliyeti ve neden olduğu karbon salımı miktarı hesaplanacaktır.



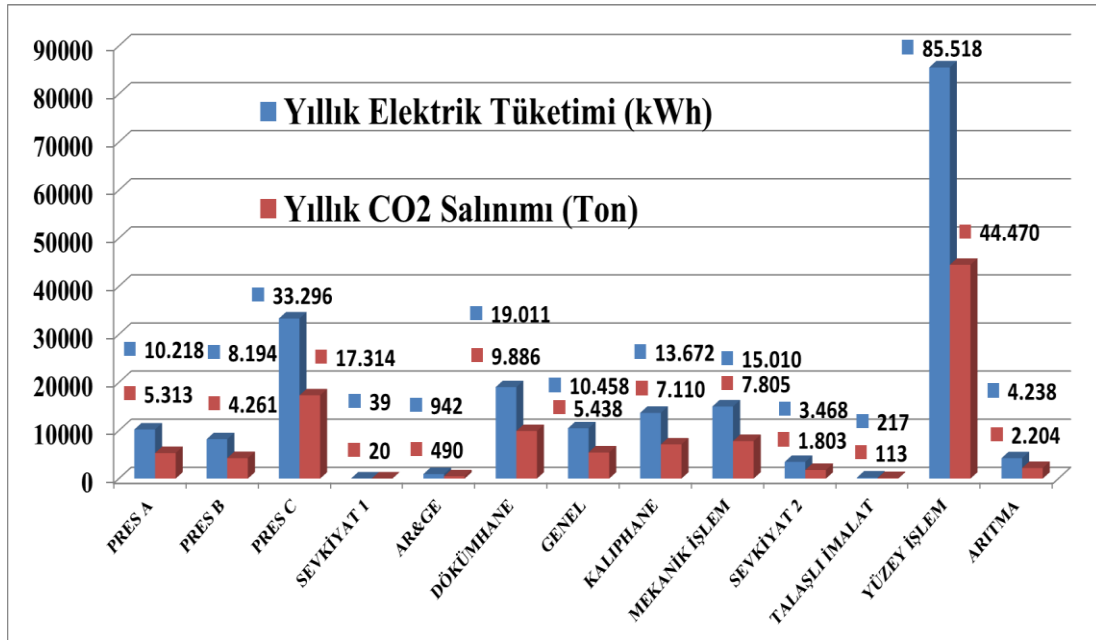
Şekil 22 LD510 cihaz görüntüsü

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Endüstriyel tesisin tüm bölümlerinde sırası ile üretime ara verilerek oluşturulan ekipler ile hava kaçağı tespit çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışma öncesinde, çalışanlar tarafından bildirilen hava kaçağı noktalarının öncelikli olarak kontrolü sağlanmıştır. Daha sonra LD510 cihazı ile fabrikanın kör noktalarında ekibin hava kaçağı tespit çalışmaları devam etmiştir. Hava kaçağı tespit aşamasında kullanılan LD510 cihazının örnek olarak dökümhaneden alınan bir hava kaçağı ölçümü Şekil 3’te görüldüğü gibicihaz ekranından birim maliyet, hava kaçağı debisi ve ses şiddeti değerleri alınmıştır. Endüstriyel tesis genelinde yapılan ölçümler sonucunda 234 noktada hava kaçağı tespit edilmiştir. Toplam hava kaçağı için 204.281 (kWh/yıl) elektrik tüketimine ve 106.000 Ton/yıl karbon salımına neden olduğu hesaplanarak bölümler bazında Tablo 1’de gösterilmektedir.

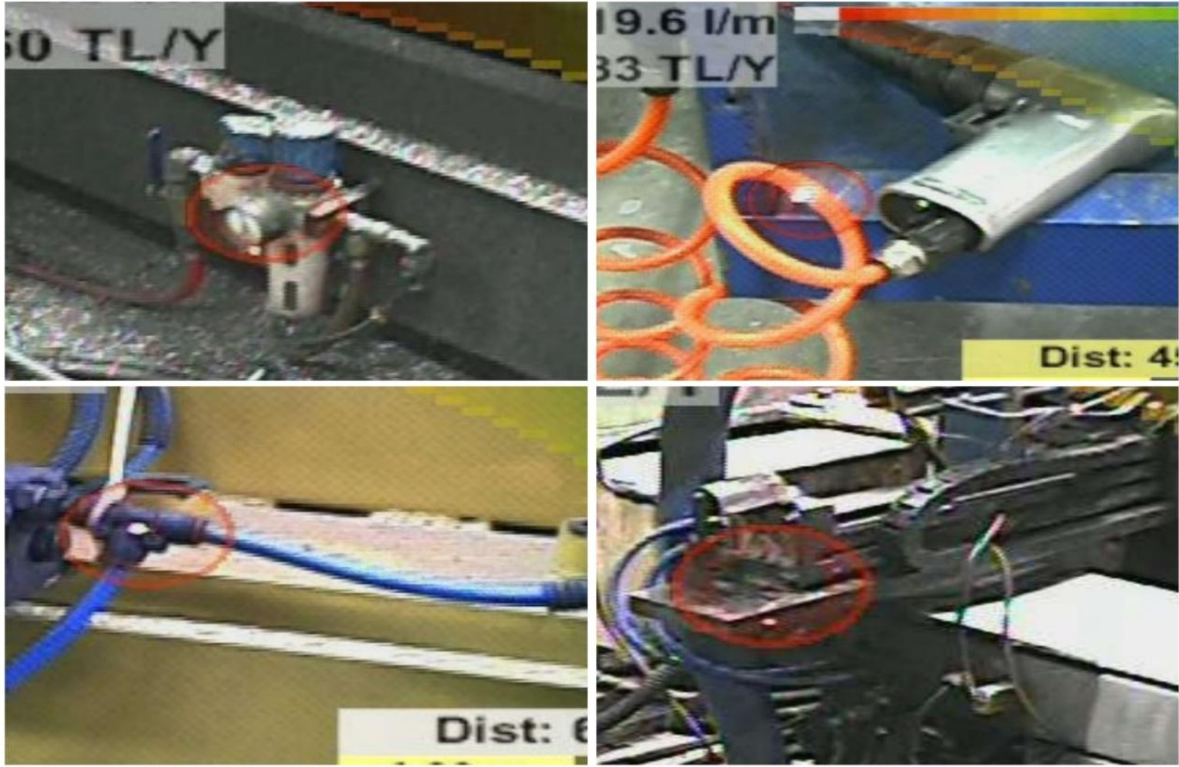


Şekil 23 Ld510 cihazının hava kaçağı tespiti

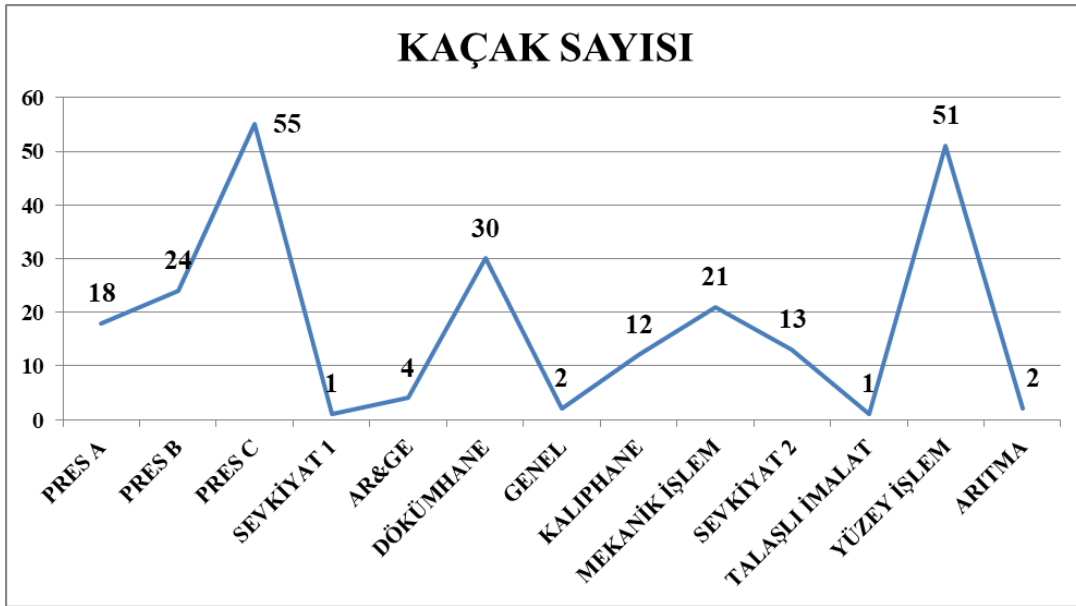


Tablo 5 Elektrik tüketimi ve CO2 salımı

Hava kaçaqları örnek olarak Şekil 4’de gösterildiği gibi ekipman bazında piston keçeleri, valf o-ringleri, hava hortumlarındaki delikler, pnömatik rakor bağlantı noktalarındaki kaçaqlar, vana ve pvc boru aktarım noktalarında görülmektedir.



Şekil 24 Tespit Edilen Örnek Hava Kaçakları



Tablo 6 Bölümler bazında hava kaçak sayısı

Tablo 2’de ilk ölçüm sonuçlarıfabrikabölümleri bazında verilmiştir. Her bir hava kaçağının bulunduğu nokta fotoğraflanarak bölüm yöneticilerine bildirilmiştir.Bakım bölümü tarafından ilgili bölüm yöneticileriyle gerekli organizasyon sağlanarak duruş günlerinde bu noktalara müdahale edilmiştir.Yaklaşık kırk beş gün süren bu çalışmalar sonucu endüstriyel tesis genelinde tekrar ölçümler yapılmıştır. Ölçüm sonucunda234adet olarak tespit edilen hava kaçağı sayısı 26adet hava kaçağına düşürülmüştür. Hava kaçaklarının12 adedi tekrar eden 14 adedi yeni tespit edilen hava kaçaklarıdır.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada endüstriyel tesis içerisinde LD510 hava kaçağı ölçüm cihazı kullanılarak tüm bölümlerde bulunan hava kaçakları tespit edilmiştir. Cihaz üzerinde okunan veriler kullanılarak hava kaçaklarının neden olduğu enerji kaybı ve karbon salım değerleri hesaplanmıştır. Bu çalışmada;

- Birinci ölçümlerde 234 farklı noktada hava kaçağı tespit edilmiştir.
- Belirlenen hava kaçaklarının enerji miktarı 204.281 kWh/yıl, karbon salımı 106.000 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Kayıp enerji miktarının yıllık olarak tüketilen enerjiye oranı %2 olarak hesaplanmıştır.
- Yapılan iyileştirme çalışmalarından sonra alınan ikinci ölçümlerde 26 adet hava kaçağı tespit edilmiştir. Bunlardan 14 adedi yeni hava kaçağı olarak kayıt altına alınmıştır.
- İyileştirme çalışmaları sonra toplam hava kaçağı sayısında %95 iyileştirme sağlanmıştır.

Hava kaçağı ölçümlerinin 3 aylık periyotlar halinde tekrarlanması ve raporlanması standart prosedürlere eklenerek endüstriyel tesis içerisinde tüm bölümlere yayınlanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Koç, E., Kaya, K., (2015). Enerji Kaynakları–Yenilenebilir Enerji Durumu. Mühendis ve Makina, cilt 56, sayı 668, s, 36-47.
- [2] URL-1:<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik>, (Erişim Tarihi:13 Eylül 2024).
- [3] Wright, D., (2008). AirFiltrationandEfficiency: CuttingtheCost of CompressedAir. Filtration&Separation, Volume 45, Issue 9, Pages 32-34.
- [4] Price, A.,Ross, Marc., (1989). ReducingIndustrialElectricityCosts--an Automotive Case Study. TheElectricityJournal, Elsevier, vol. 2(6), pages 40-51.
- [5] Neale, JR., Walmsley, MRW., Kamp, PJJ.,(2006). MaximisingEnergySavings in IndustrialCompressedAirSystems. Proceedings of CHEMECA, pages 166-171. Australia.
- [6] (1998, April).DeterminetheCost of CompressedAirforYourPlant. USDOE-US Department of Energy. USDOE-US Department of Energy, DOE/GO-102000-0986. Washington.
- [7] (2001). Office of Industrial Technologies (OIT). Industries of theFuture: Best Preactices Washington.
- [8] (2000). CompressedAirSystemImprovements at an Automotive Plant. Best Practices, Office of Industrial Technologies, EnergyEfficiencyandRenewableEnergy, U.S. Department of Energy. Washington.
- [9] Garcia, AGP.,Szklo AS., Schaeffer, R., McNeil, MA., (2007). Energy-EfficiencyStandardsforElectricMotors in BrazilianIndustry. EnergyPolicy, 3424–3439.
- [10] Al- Dabbagh, M., S. Kreshat., Z. Farhat, R., (2021). Investigation of CompressedAirLosses on ProductionCostForMosulDairyFactor. MaterialsToday: Proceedings, 3097-3101.
- [11]URL-2:https://embk.mmoizmir.org/wp-content/uploads/2018/01/24_egefren-esb_kobetsu_enerji.pdf,(Erişim Tarihi:13 Eylül 2024).
- [12] Zaim,A., Aras, H., (2020). Pnömatik Sistemlerde Enerji Verimliliği. EngineerandMachinery, vol, 61, no, 698, p, 31-45.
- [13] Schenck, A.,Daems ,W., Steckel, J., (2020). AirleakSlam: Detection of PressurizedAirLeaks Using PassiveUltrasonicSensors. FTI CoSysLab, University of Antwerp.

Traktör Arka Koruyucu Yapının Güvenlik Testinin Sonlu Elemanlar İle Benzetimi

*Adem Yasin Çıplak, Başak Traktör, Ar-Ge Yapısal Analiz Birimi
Sedat İRİÇ, Sakarya Üniversitesi, Makine Mühendisliği
yciplak@basaktraktor.com.tr , siric@sakarya.edu.tr*

ÖZET

Traktörler ve iş makinelerinde operatörlerin güvenliğini sağlamak amacıyla kabin veya koruyucu yapılar kullanılmaktadır. Bu yapılar, kaza anında operatör için koruyucu bir alan oluşturmak üzere tasarlanmış olup, OECD tarafından belirlenen test koşullarında, devrilme durumunda oluşabilecek yükler göz önüne alınarak test edilirler. Testler sırasında traktörün referans kütlesi ve koruyucu yapının boyutlarına göre yükleme yapılarak ortaya çıkan kuvvet ve enerji seviyeleri ölçülmektedir. Bu çalışmada, arka koruyucu yapıya arkadan kuvvet uygulanarak gerçekleştirilen testlerde, deformasyon sonucu oluşan gerinim değerleri tek eksenli straingaugeler ile ölçülmüş ve bu değerler gerilme değerlerine çevrilmiştir. Testin bilgisayar ortamında benzetimini yapmak için, Ls-Dyna programında doğrusal olmayan explicit yöntem ve MAT_024 Piecewise Linear Plasticite malzeme modeli kullanılarak aynı yükleme şartlarında arka koruyucu yapının enerji emilimleri, gerilme ve deformasyon değerleri incelenmiştir. Test sonuçları ve sonlu elemanlar benzetiminden elde edilen gerinim, gerilme, enerji ve yer değiştirme değerleri karşılaştırıldığında, sonuçların uyumlu olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar, sonlu elemanlar benzetiminin, tasarım iyileştirme/geliştirme çalışmalarında karşılaşılabilecek olası problemlerin önceden tespit ve giderilmesinde tasarımcılara büyük kolaylık sağlayacağını göstermiştir.

GİRİŞ

Tarım traktörleri; kullanım koşulları, traktör sürüş dinamiği, tarla ve yol yapılarına bağlı olarak; devrilme gibi tehlikeli sonuçlar doğurabilecek kazalar ile karşı karşıya kalabilmektedir. Traktör kabini veya koruyucu profil yapı, kaza esnasında oluşan darbe kuvvetleri altında sürücü yaşam bölgesini koruyarak, kullanıcıya zarar gelmesini önlemektedir. Şekil 1’de gösterilmiştir.



Sekil 1 Traktör Devrilme

Otomotiv sektöründe güvenlik, son yıllarda üzerinde çok çalışılan, birçok araştırma geliştirme projesinde ele alınan önemli bir konu haline gelmiştir. Sürüş emniyetini artırmak ve taşıt güvenliğini belirli kontrol parametreleri içerisinde inceleyebilmek için pek çok standart belirlenmiştir. Üretici firmalar, bu standartlara uyum sağlayabilmek için tasarım aşamasında ürünlerini sorgulamakta, gerekli tedbirleri almaktadır. Tarım traktörleri güvenliğinin sorgulanabilmesi adına OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) tarafından çeşitli standartlar geliştirilmiştir. Bu bağlamda, traktör koruyucu yapısına belirli yükler altında testler yapılmakta, devrilme veya darbe esnasında oluşacak enerjinin yapıya olan etkisi incelenmektedir. Detaylı olarak test koşulları, güvenlik alanları, standartlarda belirlenmiştir(1).

Hem yanıl hem de boylamasına devrilme riskini sınırlamak için, ön aks balastı veya palet büyütme gibi çeşitli yaygın önlemler kullanılmaktadır. Öte yandan, mobil balastlar ya da sadece eğim ölçen cihazlar gibi aktif cihazlar da hiçbir zaman deney çemberinin dışına çıkmamıştır. Devrilme durumunda sürücünün risklerini sınırlamak için tarım ve orman traktörlerine monte edilen cihazlar, devrilmeye karşı koruyucu yapının kısaltması olan ROPS olarak adlandırılır. Bunlar, sürücü koltuğunun etrafında belirlenmiş açıklık bölgeleri olan ve böylece bir devrilme durumunda (hem yanıl hem de uzunlamasına) sürücüye koruma sağlayan, eğilebilir veya kısmen eğilebilir yapılar oluşturmaktadır (2).

Otomotiv sektöründe gerçekleştirilen güvenlik testleri yüksek maliyet ve zaman sıkıntısı yaratan çalışmalardır. Testler sonucu çıkabilecek bir problem tasarım aşamalarına tekrar geri dönmeyi ve süreçlerin tekrarlanması gerektirebilmektedir. Bu sebeplerden dolayı, sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan benzetimler, günümüzde çok sıklıkla kullanılmaktadır. Bu benzetimler sayesinde tasarım aşamasında birçok problem önceden fark edilerek düzeltilmekte, bu şekilde de; zaman ve maliyet tasarrufu sağlanmaktadır (3).

Kapalı kabin ROPS, basınçlandırıldığında ve filtrelerle donatıldığında yüksek veya düşük sıcaklıklara, yağmura, toza ve kimyasallara karşı koruma sağladığından ve traktörler normal tarla işletimindeyken daha fazla konfor sunduğundan, ön ROPS'a kıyasla sürücü için ek avantajlara sahiptir. Ön ROPS, traktörün yoğun ekili meyve bahçeleri ve üzüm bağları gibi baş üstü açıklığı azaltılmış koşullarda çalışması gerektiğinde avantajlıdır, çünkü kesinlikle gerekli olduğunda ROPS, traktör şasisine sabitlenmiş destekler üzerinde üst kısım aşağı döndürülerek katlanabilir. Yakın zamandaki uluslararası bir tartışma, ağır kütlesi nedeniyle yapıyı kaldırmanın zorluğu ve manuel taşıma sırasında operatörün rahatsız edici pozisyonu nedeniyle, önden katlanabilir ROPS'un yanlış kullanımıyla ilgiliydi. Yakın zamanda, katlanmış konumdaki ön ROPS'lardan kaynaklanan artan devrilme ölümleri ve ciddi yaralanmalar rapor edilmiştir (4).

Bu çalışmada, BAŞAK Traktör Fabrikası tarafından geliştirilen bir traktör koruyucu yapısına OECD standartlarına uygun olarak güvenlik test benzetimi yapılmış tasarım aşamasında ürünün güvenlik şartları ve performansı incelenmiştir. Parçaların prototip üretiminin bitmesinin ardından traktör onay testi yapılmış ve bu test ile tasarım aşamasında yapılan analiz sonuçlarının korelasyonu yapılarak sonlu elemanlar modeli doğrulanmıştır. Bu çalışma ile birlikte, traktör için yapılan benzetimlerin güvenilirliği sorgulanmış ileriki çalışmalar için metod olarak kullanılabilmesi sağlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Traktörün devrilmesi esnasında koruyucu yapıya gelen yükler OECD tarafından, standartlar ile belirlenen koşullara uygun olarak koruyucu yapıya arkadan statik yük uygulanmaktadır.

Yüklenen kuvvet altında koruyucu yapıda oluşan reaksiyon kuvveti, deformasyon ve güvenli bölgeye girişimi incelenmektedir. Koruyucu yapıya uygulanan yük, yük uygulama yönüne normal, sert bir kiriş aracılığıyla düzenli olarak dağıtılmalıdır. Yük uygulama hızı, statik olarak düşünülebilecek şekildedir (5).

Test Yöntemi

Yükün uygulanma noktası, arka koruyucu yapının orta noktasına ve yatayla 40° paralel olacak şekilde yerleştirilir. Koruyucu yapı yükleme koşulu Şekil 2’de gösterilmiştir. Arkadan yükleme sırasında koruyucu yapının karşılaması gereken kuvvet miktarı,

$M = \text{Traktör Kütlesi}$

$F_i = 15 \times M$

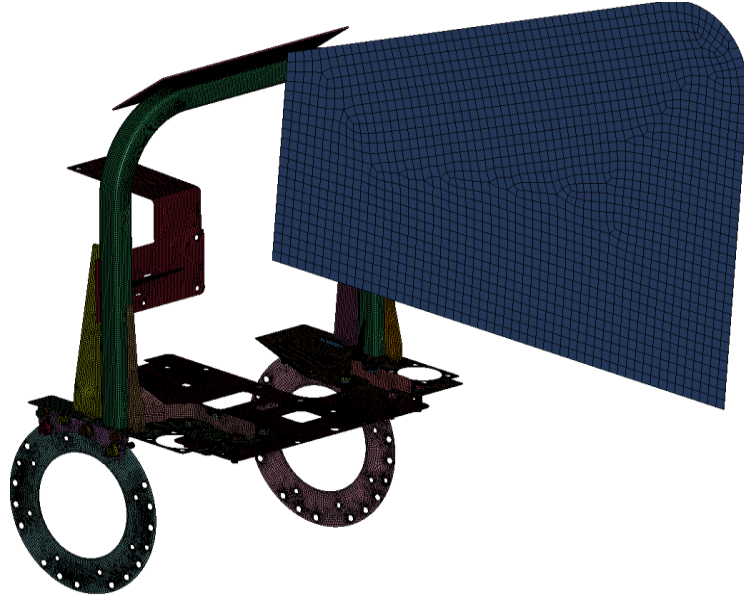


Şekil 2 Koruyucu Yapı Yükleme

Güvenlik kabini veya koruyucu yapı tarafından yutulan deformasyon enerjisi traktör kütlesinin 1,4 katına ulaştığı zaman ya da güvenlik kabin çerçevesi güvenlik bölgesine girmiş veya güvenlik bölgesini emniyetsiz bırakmışsa deney durdurulmaktadır (5).

Sonlu Elemanlar Modeli

Sonlu elemanlar modeli için sac, profil ve diferansiyel bağlantı noktalarının orta yüzeyleri çıkartılarak, kabuk elemanın kullanılması sağlanmıştır. Eleman boyutu 2 ve 4 mm olarak seçilmiştir. Modelde 102281 kare eleman kullanılmıştır. Sonlu elemanlar modeli Şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil 3 Sonlu Elemanlar

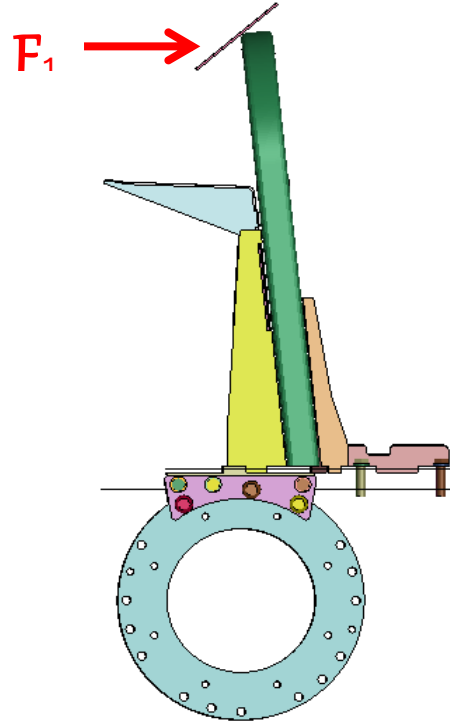
Malzeme modeli olarak Ls-Dyna içerisinde bulunan MAT_024 malzeme kartı kullanılmıştır. Piecewise Linear Elastisite Malzeme Modeli gerilme ve birim şekil değiştirme ilişkisi; etken gerilme ve etken birim şekil değiştirme eğrisi olarak ifade edilmektedir. Malzemenin elastik bölgesi elastisite modülü ve poisson oranı ile hesaplanırken, plastik bölge için malzemeye ait gerilme-gerinim diyagramı kullanılmaktadır. Koruyucu yapının parçalarının plastik bölgesi için malzemelerin gerilme-gerinim diyagramları programa tanımlanmıştır (3,7)

Sınır Koşulları

Traktör arka koruyucu yapısına test standardına uygun olacak şekilde, boyuna ve enine 250 mm olan bir baskı plakası ile arkadan öne doğru baskı yapılmıştır. Traktör kütlesi 3250 Kg olarak alınmış, yükleme için koruyucu yapıya 48,7 Kn kuvvete dayanabilmesi gerekmektedir. Yapılan sonlu elemanlar analiz simülasyonun da, koruyucu yapı fiziksel teste uygun bir şekilde konumlandırılmıştır. Baskı plakasında gerilme değeri okunmayacağı için plaka rijit olarak modellenmiştir. Baskı plakasına kuvvet tanımlanmış, koruyucu yapının istenen kuvvet değerine geldiğinde plaka geri çekilmiştir. Arka koruyucu yapı yükleme koşulu Şekil 4’de gösterilmiştir.

Test Ölçüm

Bir cisim, bir kuvvete maruz bırakıldığı zaman cisimde şekil değişikliği meydana gelir. Meydana gelen bu şekil değişikliğini straingauge denilen cihazlarla ölçmek mümkündür. Straingauge (SG) elemanları kuvvet, ağırlık, moment (tork), basınç gibi büyüklüklerin ölçümünde yaygın olarak kullanılmaktadır. Uygulanan kuvvet ile şekil değişikliği arasındaki ilişkiyi elektriksel olarak nitelendirebilmek için straingauge’de oluşan direnç değişimi, Wheatstone köprü devresi kullanılarak gerilim formuna dönüştürülür. (8) Test sırasında veri toplama cihazı DEWE43A, straingauge iki adet KYOWA tek eksenli 120Ω straingauge kullanılmıştır. Koruyucu yapı üzerinde straingauge konumlandırılması Şekil 5’deki gibidir.



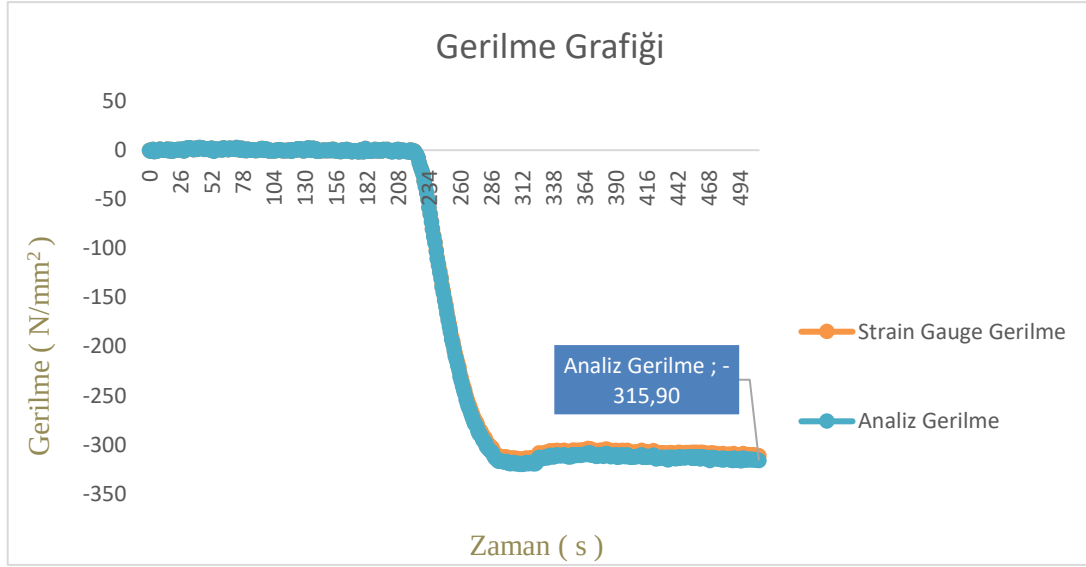
Sekil 4. Sonlu Elemanlar Modeli



Sekil 5. StrainGauge Konumlandırılması

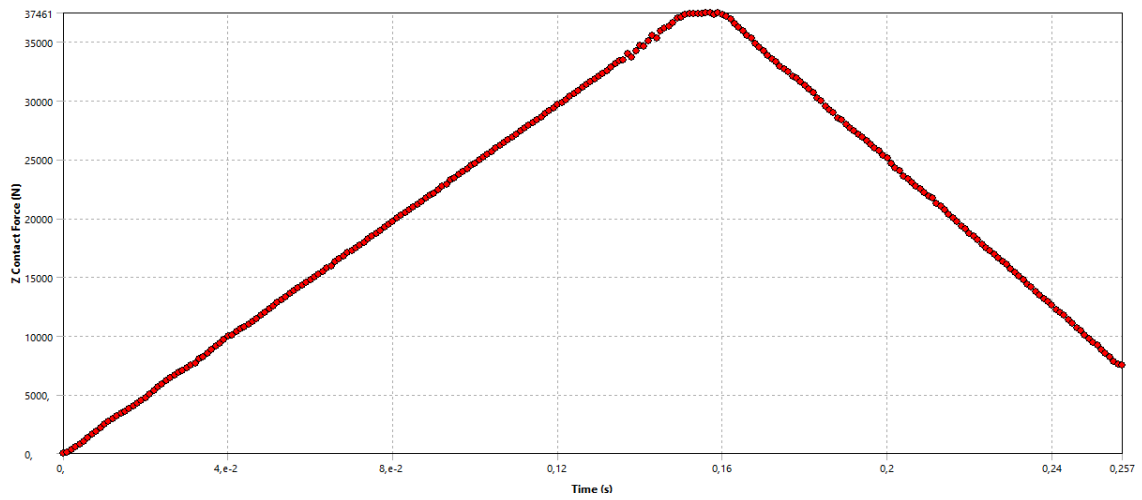
BULGULAR

Yapılan testler sonucunda strain gauge ile yapılan ölçümlerde, elde edilen gerinim değerleri gerilme değerlerine çevrilmiştir. Elde edilen gerilme değerleri Şekil 6’da gösterilmiştir.



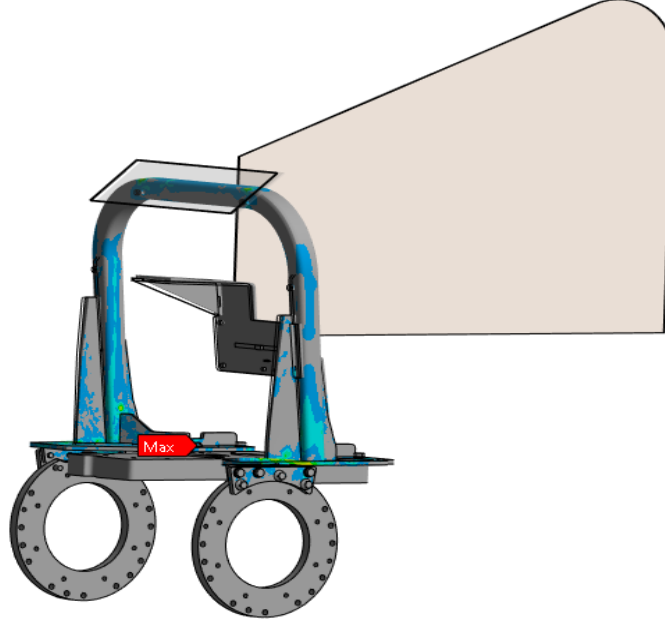
Şekil 6 Gerilme Değeri

Yapılan simülasyon çalışmasında baskı plakasından okunan zamana bağlı kuvvet grafiği Şekil 8’de gösterilmiştir.



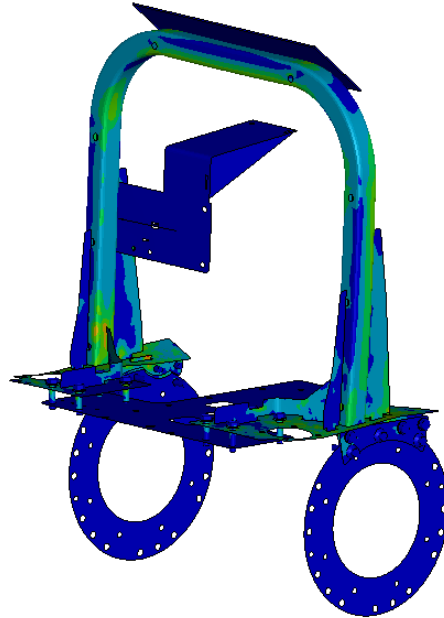
Şekil 8. Kuvvet – Zaman Grafiği

Sonlu elemanlar analizi koşturulduktan sonra, koruyucu yapıya yükleme esnasında gerekli kuvvet değeri ne ulaşmıştır. Arka koruyucu yapı profillinde strain gauge ile aynı konumda oluşan normal gerilme değeri 315 MPa değeri nde görülmüş ve Şekil 9’da gösterilmiştir.



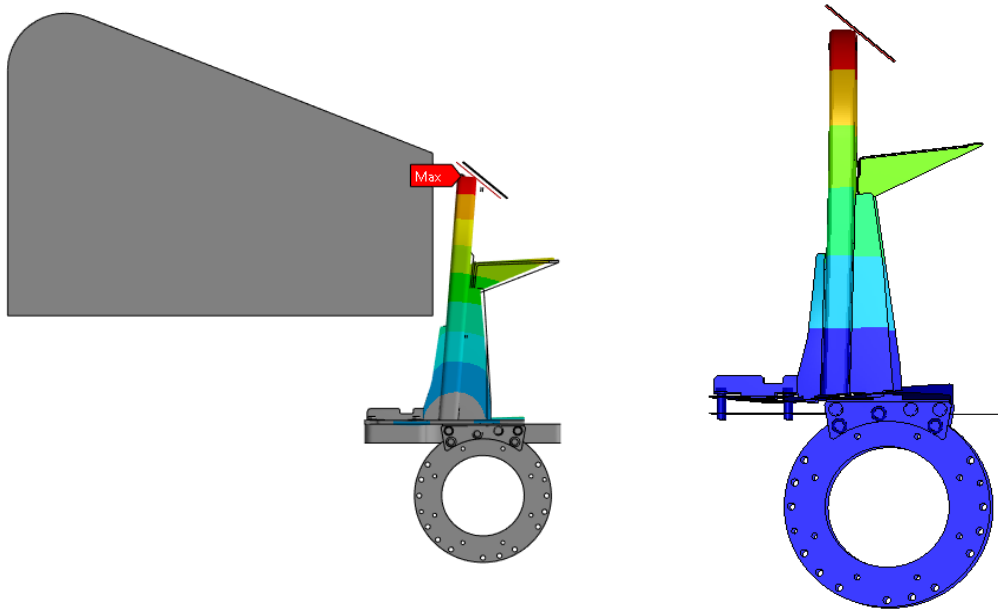
Şekil 9 Normal Gerilme

Koruyucu yapı üzerinde oluşan maksimum kesme gerilmesi (Tresca) 295 MPa değeri nde görülmüş ve Şekil 10’da gösterilmiştir.



Şekil 10 Eşdeğer Gerilme

Arkadan yüklemede gerekli olan kuvvet değerine ulaşıldığında koruyucu yapı profillerinde y ekseninde 62 mm yer değiştirme, kuvvet kaldırıldığında profillerde 9mm bir plastik şekil değişimi oluşmaktadır ve Şekil 11’de gösterilmiştir.



Şekil 11 Yer Değiştirme

Güvenlik testi boyunca oluşan gerilme değerleri gözlemlendiğinde en yüksek eş değer gerilme değerinin 405 MPa oluşmuştur. Koruyucu profillerinin malzemesi S355J2i çekme gerilmesi yaklaşık olarak 650 MPa civarındadır. Yapılan güvenlik analizi sonrasında, OECD test standartlarına uygun olacak şekilde fiziksel test gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar ile analizden elde edilen sonuçlar Tablo 1’de karşılaştırılmıştır.

	Analiz	Test
Deplasman	62 mm	58,8 mm
Kuvvet	37461	37132
Normal Gerilme	315 MPa	308 MPa

Tablo 1 Analiz Test Sonuçları

SONUÇ

Bu çalışmada bahçe tipi traktörlerde arka koruyucu yapının, güvenlik testinde devrilmeye veya herhangi bir kazaya karşı güvenilirliğinin test edilmesi amacıyla uygulanan, statik yükleme deneylerinin sonlu elemanlar yöntemi ile korelasyonu yapılmıştır. Arka koruyucu yapı güvenlik testinde uygulanan yükleme koşulları altında, koruyucu profilleri gerilme değerleri incelendiğinde parçalar çekme mukavemetinin altında ve güvenlik bölgesine herhangi bir girişim yaptığı gözlemlenmediğinden güvenli bölgededir. Simülasyon sonucunda koruyucu yapının (rops) profillerinin kuvvet, parçalardaki gerilme ve deformasyon değerleri

incelenmiştir. Test ve sonlu elemanlar simülasyonundan elde edilen gerinim, gerilme, baskı plakalarının yer değiştirme ve kuvvet değerleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Simülasyon ve testten elde edilen değerler karşılaştırıldığında sonuç olarak birbiri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Bu çalışma neticesinde sonlu elemanlar modeli doğrulanmıştır. Model ileride yapılacak olan çalışmalarda kullanılarak, oluşabilecek problemlerin tasarım aşamasında tespit edilmesi sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

1. DURAK, C. “Tarım ve Orman Traktörlerinde Koruyucu Yapılar”, TAMTEST Tim Bölümü, Ankara
2. FeboP; Pessina D (1989). Sicurezza ed ergonomia del trattore. [Safety and comfort of the tractor.] *Macchine e Motori Agricoli*, 6/7, 27-60
3. Balaban B. , Traktör Kabini Güvenlik Testi Sonlu Elemanlar Benzetimi, 6. Otomotiv Teknolojileri Kongresi Haziran 2012, Bursa
4. Hoy, R.M., 2009. Farm tractor rollover protection: why simply getting rollover protective structures installed on all tractors is not sufficient. *J. Agric. Saf. Health* 15, 3-4.
5. OECD, 2007, “OECD Standard Code For The Official Testing Of Protective Structures On Agricultural and Forestry Tractors.”, OECD
6. KALKAN, E., 2007, “Traktör Güvenlik Kabini Statik Yükleme Deneylerinin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile İncelenmesi”, Sakarya Üniversitesi Kocaeli
7. Ali, S. A. R. I., DURSUN, A. G. B., & GÖKOZAN, Ö. G. H. STRAIN GAUGELER VE UYGULAMALARI.

Otomotiv Koltuklarında Easy Entry Mekanizması: BSR Gürültüsü ve İşlevsellik Optimizasyonu

Ömer Faruk Tekin, Diniz Adient Oto Donanım Sanayi ve Tic. A.Ş.

omer.faruk.tekin@adient.com

ÖZET

Otomotiv sektöründe yolcu konforu ve ses yalıtımı, araç kalitesinin en önemli göstergelerinden biridir. Özellikle yolcu koltuklarında ortaya çıkan istenmeyen sesler, sürüş deneyimini olumsuz etkileyebilir, kalite algısını ve müşteri memnuniyetini düşürebilir. Bu nedenle, koltuk tasarımında ve üretiminde ses kontrolü kritik bir öneme sahiptir ve ürün validasyon testleri arasında çeşitli frekanslarda yapılan gürültü (BSR) testleri de vardır.

Bu bağlamda, bazı yolcu koltuklarının önemli bir bileşeni olan "Easy Entry" mekanizması, hem potansiyel ses sorunlarına yol açabilmesi hem de kullanım kolaylığı sağlaması açısından özel bir dikkat gerektirmektedir. Literatürde "Easy Access" olarak da bilinen bu mekanizma, özellikle iki kapılı araçlarda arka koltuklara erişimi kolaylaştırmak için tasarlanmıştır. Sistem, ön koltuğun sırtlığının öne doğru katlanmasını ve aynı zamanda tüm koltuğun ileri doğru kaymasını veya dönmesini sağlar. Tipik bir Easy Entry mekanizması, kilit mekanizması, yay sistemleri, pivot noktaları ve kılavuz raylardan oluşabilir. Bu mekanizma, ergonomi, güvenlik ve kullanım kolaylığı açısından otomotiv endüstrisinde önemli bir yere sahip olmakla birlikte, karmaşık yapısı nedeniyle titreşim ve ses sorunlarına da yatkın olabilmektedir.

Mekanizmadaki ses sorununa yol açan etmenleri ortadan kaldırılırken, mekanizmanın hareketi engellenebilir. Bu noktada döner-mafsallar; gürültüye neden olmaması için daha sıkı hale getirilir, lakin sürtünmenin fazla artmaması ve koltuğun dönme fonksiyonunu belirlenen spesifikasyona göre yerine getirebilmesi için de yeteri kadar gevşek bırakılacak şekilde optimize edilir.

Anahtar kelimeler: yolcu koltuğu, gürültü, ses, optimizasyon, mekanizma, BSR

GİRİŞ

Otomotiv endüstrisi, sürekli gelişen teknoloji ve artan müşteri beklentileri doğrultusunda, araç kalitesini her geçen gün daha da yükseltmeye odaklanmaktadır. Bu bağlamda, yolcu konforu ve ses yalıtımı, bir aracın kalitesinin en önemli göstergelerinden biri haline gelmiştir. Özellikle sessiz ve konforlu bir sürüş deneyimi, müşteri memnuniyetini belirleyen kritik faktörlerden biridir. Bu nedenle, araç içi gürültü kontrolü, mühendislerin ve tasarımcıların üzerinde titizlikle durduğu bir konu olarak öne çıkmaktadır.

Araç içi gürültü kaynakları çeşitlilik göstermekle birlikte, yolcu koltuklarından kaynaklanan istenmeyen sesler, sürüş deneyimini doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Koltuklar, yolcuların araçla doğrudan temas halinde olduğu en büyük yüzeylerdir ve bu nedenle herhangi bir titreşim veya ses, yolcular tarafından kolaylıkla algılanabilir. Bu bağlamda, koltuk tasarımında ve üretiminde ses kontrolü kritik bir öneme sahiptir. Ürün validasyon testleri arasında çeşitli frekanslarda yapılan gürültü (BSR - Buzz, Squeak, and Rattle) testleri, koltukların ses performansını değerlendirmek için standart bir uygulama haline gelmiştir.

Bu testler sırasında ortaya çıkabilecek gıcırtilar, tıkırtılar veya diğer istenmeyen sesler, aracın genel kalite algısını olumsuz etkileyebilir ve müşteri memnuniyetini düşürebilir. Bu nedenle, Easy Entry mekanizmasının tasarımı ve optimizasyonu, ses kontrolü açısından özel bir dikkat gerektirmektedir.

Bu optimizasyon sürecinde, malzeme seçimi, tolerans ayarları ve montaj teknikleri gibi çeşitli faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, sürtünmeyi azaltmak ve ses üretimini minimize etmek için yüksek performanslı polimerler veya özel kaplamalı metal alaşımlar kullanılabilir. Ayrıca, mekanizmanın hareketli parçaları arasındaki boşlukların ve toleransların dikkatli bir şekilde ayarlanması, istenmeyen seslerin önlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır.

Bununla birlikte, Easy Entry mekanizmasının ses kontrolü sadece tasarım ve üretim aşamasıyla sınırlı değildir. Aracın kullanım ömrü boyunca mekanizmanın performansını ve ses kalitesini korumak için düzenli bakım ve kontrol prosedürleri de büyük önem taşımaktadır. Zaman içinde aşınma, kirlenme veya yağlayıcı maddelerin bozulması gibi faktörler, başlangıçta sessiz çalışan bir mekanizmanın gürültülü hale gelmesine neden olabilir.

Sonuç olarak, otomotiv sektöründe yolcu konforu ve ses yalıtımı, araç kalitesinin ve müşteri memnuniyetinin temel belirleyicilerinden biridir. Easy Entry mekanizması gibi karmaşık sistemlerin ses kontrolü, mühendislik, malzeme bilimi ve ergonomi alanlarında disiplinler arası bir yaklaşım gerektirmektedir. Bu mekanizmaların sessiz, güvenli ve kullanıcı dostu bir şekilde çalışmasını sağlamak, otomotiv üreticilerinin rekabet gücünü artırmada ve marka imajını güçlendirmede kritik bir rol oynamaktadır. Gelecekte, akıllı malzemeler, gelişmiş simülasyon teknikleri ve yapay zeka destekli optimizasyon yöntemleri gibi yenilikçi yaklaşımların, Easy Entry mekanizmalarının ses performansını daha da iyileştireceği ve yolcu konforunu yeni bir seviyeye taşıyacağı öngörülmektedir.

AMAÇ

Bu projenin temel amacı, otomotiv sektöründe kullanılan Easy Entry mekanizmalarının ses performansını iyileştirmek ve optimum çalışma koşullarını belirlemektir. Spesifik olarak, bu çalışma aşağıdaki hedefleri gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır:

- Easy Entry mekanizmasında ortaya çıkan istenmeyen seslerin (gıcırta, tıkırtı, vb.) kaynaklarını tespit etmek ve karakterize etmek.
- Mekanizmanın ses performansını etkileyen faktörleri (malzeme özellikleri, geometrik tasarım, montaj teknikleri vb.) analiz etmek ve bu faktörlerin etkilerini nicel olarak değerlendirmek.
- Mekanizmanın işlevselliğini korurken ses emisyonunu minimize eden optimum tasarım parametrelerini belirlemek.
- Döner mafsalların sıklık derecesi ile mekanizmanın hareket kabiliyeti ve ses üretimi arasındaki ilişkiyi incelemek ve optimum sıklık değerlerini tespit etmek.
- Farklı malzeme kombinasyonlarının ve yüzey işlemlerinin mekanizmanın ses performansına etkisini araştırmak ve en uygun çözümleri önermek.
- Mekanizmanın uzun vadeli ses performansını korumak için etkili bakım ve kontrol prosedürleri geliştirmek.
- Geliştirilen optimizasyon stratejilerinin etkinliğini doğrulamak için kapsamlı laboratuvar testleri ve saha denemeleri gerçekleştirmek.
- Elde edilen bulguları kullanarak, otomotiv endüstrisinde Easy Entry mekanizmalarının ses kontrolü için bir tasarım kılavuzu ve en iyi uygulama önerileri oluşturmak.

- Projenin sonuçlarını kullanarak, yolcu konforu ve araç kalitesi algısını artıracak, aynı zamanda üretim maliyetlerini optimize edecek iyileştirilmiş Easy Entry mekanizması tasarımları önermek.

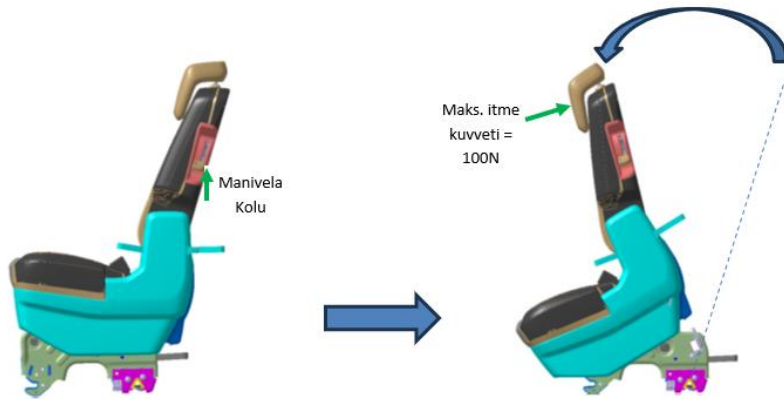
Bu amaçlar doğrultusunda yürütülecek çalışmalar, otomotiv sektöründe yolcu konforunu artırmaya, müşteri memnuniyetini yükseltmeye ve araçların genel kalite algısını iyileştirmeye katkıda bulunacaktır. Ayrıca, proje sonuçları, sadece Easy Entry mekanizmaları için değil, benzer kinematik sistemlere sahip diğer otomotiv bileşenleri için de değerli çıktılar sağlayacaktır.

YÖNTEM VE BULGULAR

Araç koltuğunun manivela kolu ile tahrik edilerek, bir mekanizma vasıtasıyla öne doğru yatırılabilmesi, araca giren yolcuya yeterli alanı açması (Easy Entry Fonksiyonu) ve el ile belli bir kuvvette itirilerek yerine mandallar aracılığı ile oturtulması amaçlanmıştır. Manivela ile tahrik edildiğinde koltuğun kendiliğinden öne yatmasıdır ve maksimum 100 N ile öne yatmış koltuk yerine oturtulabilmelidir.

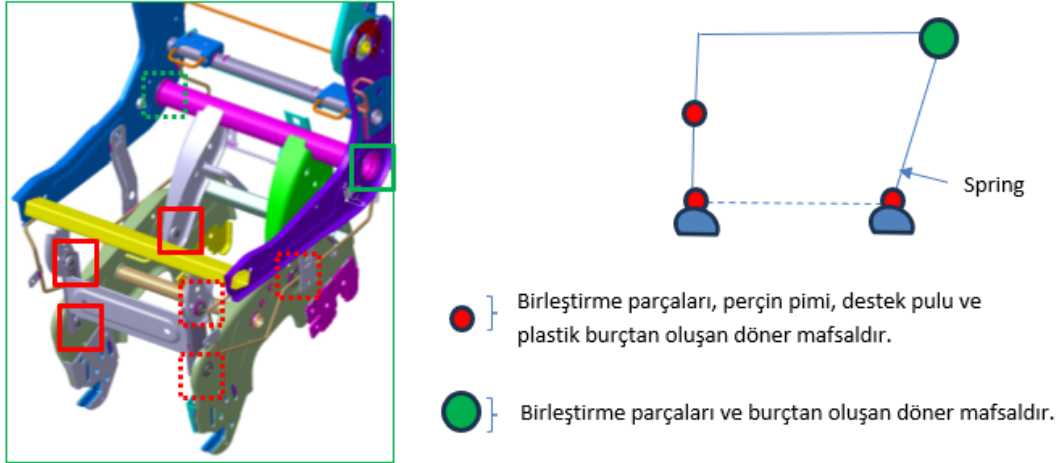
Koltuğun öne doğru yatırılması, akabinde yerine oturtulurken koltuğun itme kuvvetleri ölçülmüştür.

Ortaya çıkacak koltuk varyasyonlarının, BSR test odasındaki gürültü seviyesinin iyileştirilmesi ve mafsaldaki perçin sıkılığının koltuğun, önden yüklenmiş yayın etkisiyle kendiliğinden öne doğru atmasına engel teşkil etmeyecek seviyeye getirilmesi amaçlanmıştır.

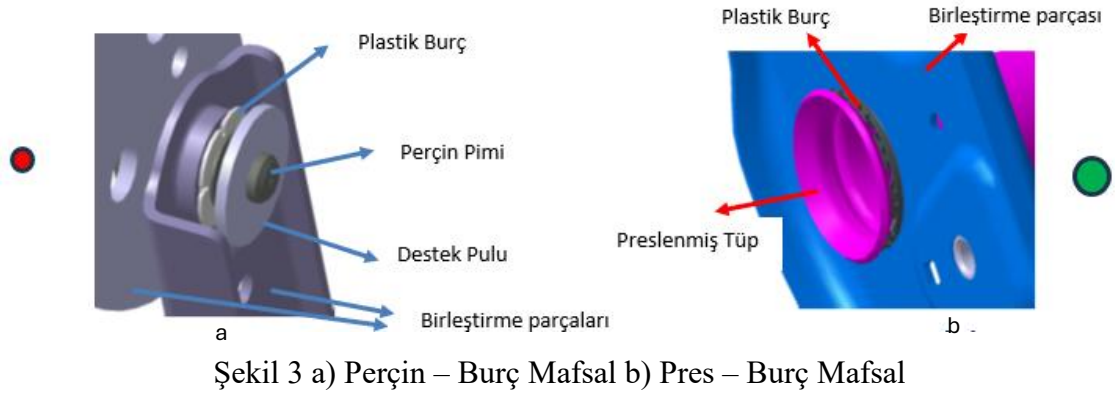


Şekil 1 Easy Entry Fonksiyonu

Koltuk; biri sağda diğeri solda olmak üzere toplamda 2 adet eşlenik dört çubuk mekanizması ile ‘easy entry’ fonksiyonunu yerine getirmektedir. Manivela kolu, mandalı açarak önden yüklenmiş yayın enerjisini mekanizmaya aktarımını sağlar.



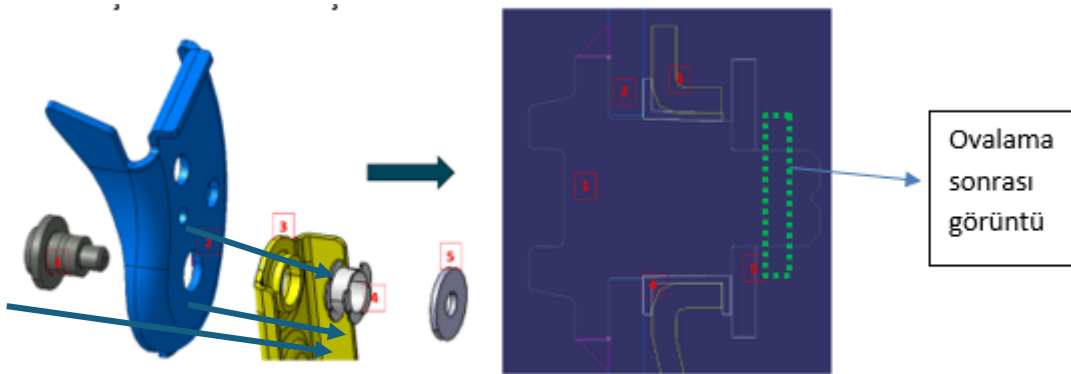
Şekil 2 Mekanizma



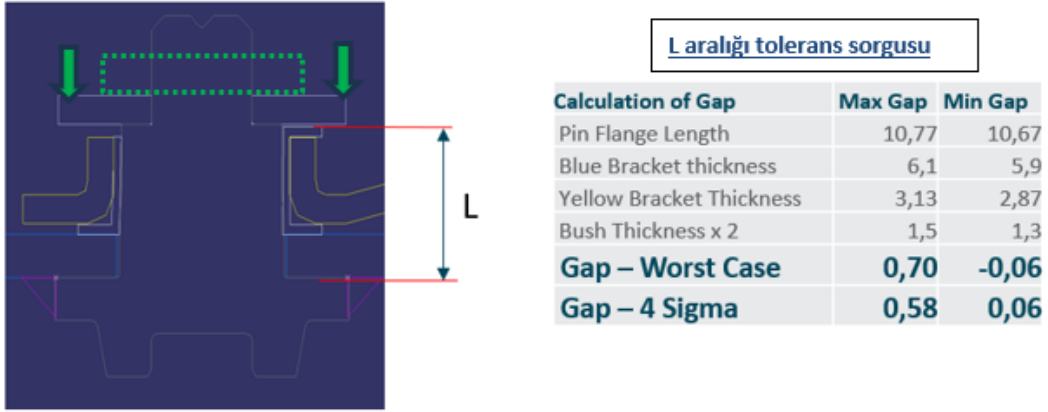
Şekil 3 a) Perçin – Burç Mafsal b) Pres – Burç Mafsal

Boyut ve Tolerans Çalışması

Mekanizmadaki mafsalı oluşturan parçaların boyutlarının incelenmiş, -y eksenindeki olası boşlukların tolerans çalışmaları yapılmıştır. Sistemdeki bileşenlerin boyutları ve toleransları hesaba katılarak aritmetik ve istatistiksel olarak olası mafsal boşlukları bulunmuştur.



Şekil 4 Ovalama Sonrası Görüntü



Şekil 5 L Aralığı Tolerans Sorgusu

BSR test odasında koltuğun mevcut gürültü seviyesi belirlenmiştir.



Şekil 6 Gürültü Testi

Döner mafsallardaki boşluk miktarı her ne kadar mekanizmanın daha rahat çalışmasını sağlasa da şartnamede belirtilen frekanslarda koltuğu gürültü testine tabii tuttuğumuzda her frekansta kabul kriterinin altında kalmaktadır.

Kabul kriteri; 3 uzman ve sorumlu kişinin ortalama puanının en az 5 olmasıdır (1 kötü, 10 mükemmel olmak üzere).

BSR (Buzz, Squeak, Rattle noise) odasında, belli frekanslarda sarsıntıya maruz bırakılan koltukda, gürültünün yeri akustik kamera ile de mafsallarda olduğu teyit edilmiş ve uzmanlarımızın her frekanstaki ortalama puanları aşağıdaki(Tablo1) gibi yuvarlanarak raporlanmıştır.

Harsh Road 72 : Kötü yol şartlarında, 72 km/sa ile ilerleyen araçtan alınan sarsıntı datalarıdır.

Rough Road 40 : Sert yol şartlarında, 40 km/sa ile ilerleyen araçtan alınan sarsıntı datalarıdır.

Tar Patched 64 : Yamalı asfaltta 64 km/sa ile ilerleyen araçtan alınan sarsıntı datalarıdır.

Belgium Block 40 : Arnavut kaldırımında 40 km/sa ile ilerleyen araçtan alınan sarsıntı datalarıdır.

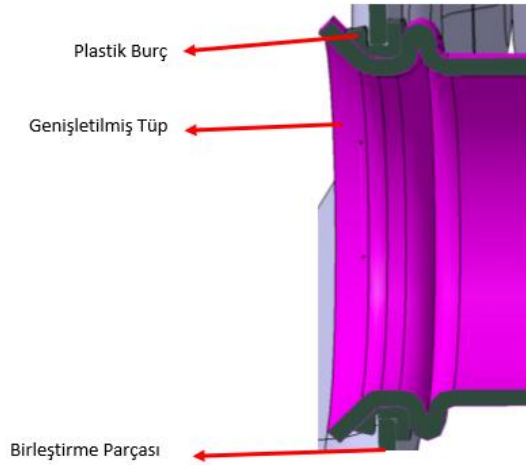
Cobblestone 08 : Parke taşında, 8 km/sa ile ilerleyen araçtan alınan sarsıntı datalarıdır.

Tablo 1 Gerçek Yol Dataları

Harsh Road 72	2
Rough Road 40	3
Tar Patched 64	6
Belgium Block 40	3
Cobblestone 08	4

Yapılan ovalama denemelerinde; ovalama esnasında pula uygulanan kuvvetler pulun kenarlarını (Şekil 5’te yeşil ok ile gösterilen) çok küçük boyutlarda aşağı bükerek mafsalı y ekseninde sıkıştırmakta ve boşluğu gürültü yapmayacak seviyeye getirmektedir. Bu sıkıştırma miktarı perçin yüksekliği azaldıkça (çapı arttıkça) artmaktadır.

Pres-Burç mafsasında ise tüpün ağzı ne kadar genişletilirse y eksenindeki sıkışma o kadar fazla olmaktadır. Burada sıkışma miktarını belirleyici unsur genişletilmiş tüpün dış çapıdır. Çapı ne kadar büyütürsek tüpün ağzı o kadar açılır ve plastik burç mafsalda sıkışarak mafsaldaki boşluğu azaltır.



Şekil 7 Pres Burç Mafsalı

Bu iki mafsalda sıkıştırma işlemi perçin yüksekliği azaltılarak, genişletilmiş tüp çapı arttırarak yapıldığında “easy entry” fonksiyonu zaman zaman kendiliğinden gerçekleşmemekte ve koltuğu tekrar yerine itmek için harcanan eforu istenilen maksimum seviyenin üzerine çıkarmaktadır. Bu durumu kontrol altına almak için DOE çalışması yapılmıştır.

Deney Tasarımı (DOE) Çalışması

Deney Tasarımı (DOE) üzerine çalışılmıştır. Belirli frekanslarda sallanan araç koltuğunun gürültü seviyesi beklentisi bulunmaktadır. Frekanslar, gerçek yol datasından elde edilmiştir.

Kontrollü üretim ile gürültüye neden olan faktörlerin ortadan kaldırılması, üretilebilirlik ve fonksiyonellik üçgeninde aşağıdaki çalışma yapılmıştır.

Koltuk Numuneleri	1	2	3	4	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Perçin Yüksekliği Aralığı (mm)	3,3-3,5	3,1-3,3	2,9 - 3,1	2,8-3,0	2,8-3,0	2,8-3,0	2,6-2,8	2,6-2,8	2,4-2,6	2,2-2,4	2,2-2,4	2,6-2,8	2,2-2,4	2,4-2,6	2,4-2,6	2,8 - 3,0
Genişletilmiş Tüp Çapı Aralığı (mm)	47,0-47,2	47,0-47,2	47,5-47,7	47,5-47,7	48,0-48,2	48,0-48,2	48,5-48,7	48,5-48,7	48,5-48,7	49,0-49,2	49,5-49,7	49,0-49,2	49,5-49,7	49,0-49,2	49,5-49,7	48,5 - 48,7
Perçin Yüksekliği Sol-Ön-Üst (mm)	3,48	3,14	3,02	2,85	2,82	2,90	2,79	2,77	2,41	2,25	2,21	2,75	2,34	2,5	2,47	2,99
Perçin Yüksekliği Sol-Ön-Alt (mm)	3,32	3,25	2,92	2,81	2,96	2,92	2,65	2,67	2,55	2,31	2,37	2,62	2,38	2,44	2,54	2,89
Perçin Yüksekliği Sol-Arka (mm)	3,32	3,23	3,07	2,82	2,91	2,99	2,74	2,70	2,59	2,21	2,3	2,66	2,22	2,56	2,43	2,81
Perçin Yüksekliği Sağ-Ön-Üst (mm)	3,38	3,29	3,06	2,85	2,82	2,82	2,71	2,62	2,45	2,35	2,29	2,71	2,26	2,41	2,56	2,82
Perçin Yüksekliği Sağ-Ön-Alt (mm)	3,38	3,19	3,07	2,86	2,86	2,83	2,73	2,75	2,48	2,38	2,25	2,78	2,3	2,48	2,56	2,94
Perçin Yüksekliği Sağ-Arka (mm)	3,44	3,15	2,95	2,92	2,85	2,83	2,66	2,71	2,41	2,22	2,21	2,63	2,29	2,59	2,42	2,90
Genişletilmiş Tüp Çapı Sağ (mm)	47,08	47,02	47,52	47,52	48,08	48,00	48,56	48,51	48,56	49,05	49,5	49,12	49,55	49,02	49,61	48,50
Genişletilmiş Tüp Çapı Sol (mm)	47,15	47,18	47,58	47,58	48,18	48,17	48,66	48,7	49,17	49,61	49,04	49,62	49,09	49,7	48,61	
'Easy Entry' fonksiyonu kendiliğinden gerçekleşiyor mu ?	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOK	OK	OK	OK	OK	OK
Geri İtme Kuvveti (N)	67	65	70	69	74	73	78	76	81	92	121	86	107	88	92	75
Tüm Gürültü Frekansları Performansı en az 5 mi ?	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Üretilebilirlik	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOK	NOK	OK	NOK	OK	OK	OK

Tablo 2 Deney Tasarımı

SONUÇ

Yapılan deney tasarımında, numunelerde aynı pim boyları ve yay torkları birbirine çok yakın değerlerde seçilmiştir. Perçin yüksekliği 2.5mm – 3.00mm arasında, genişletilmiş tüp çapı is 48.5mm – 49.5mm arasında olan koltukların, hem gürültü seviyesinin, hem fonksiyonelliğinin hem de geri itme kuvvetinin beklentileri karşıladığı görülmüştür. DOE çalışmasından sonra yeni numuneler bu aralıkta çalışılıp örneklem farklı parça lotlarıyla artırılmıştır.

Belli bir ses seviyesinde olması gereken ürünlerde, parça tasarımı yaparken toleranslar daha hassas çalışılmış ve parçalar arasındaki boşlukları kompanse edebilecek tasarımlar yapılmasına dikkat edilmiştir.

Bu projede ses sönümleme özelliğine sahip yenilikçi malzemeler ve kaplama teknolojileri kullanılarak geliştirmeler yapıp yeni çalışmalar ortaya koyulabilir.

KAYNAKLAR

Qiu Y.andGriffin M.J., Journal of Sound and Vibration, 274(2004), 297–321 (2004).<https://doi.org/10.1016/j.jsv.2003.05.015>
Mondal P. and Arunachalam S.,AIP Conf. Proc. 2080, 040003 (2019).
<https://doi.org/10.1063/1.5092921>

Yeşil Dönüşümde MES (Manufacturing Execution System) Sistemleri ile Verimliliğin ve Sürdürülebilirliğin Artırılması

*Selçuk Şen, İletişim Bilgisayar Yazılım San. Tic. A.Ş.
selcuk.sen@iletisimyazilim.com*

Özet

Sanayide yeşil dönüşüm, endüstriyel faaliyetlerin çevresel etkilerini en aza indirmeyi amaçlayan bir süreçtir. Bu süreç, enerji verimliliği, atık yönetimi, geri dönüşüm ve yenilenebilir enerji kullanımı gibi unsurları içerir. Doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını ve karbon emisyonlarının azaltılmasını hedefler.

Üretim sanayisi, büyük miktarda enerji tüketir ve çevresel etkileri çok yüksektir. Yeşil dönüşüm, bu olumsuz etkileri azaltırken aynı zamanda, enerji maliyetlerinin düşürülmesi, verimlilik artışı gibi ekonomik avantajlar da sağlayarak işletmeler için önemli motivasyon kaynağı da oluşturabilmektedir.

MES sistemleri, üretim süreçlerini gerçek zamanlı olarak izleyen ve yöneten yazılım sistemleridir. Üretim operasyonlarının etkinliğini artırmak ve verimliliği optimize etmek için kullanılmaktadır. MES Sistemleri günümüzde dijitalleşme süreçleriyle iç içe yürütülmektedir. Dijital teknolojiler (otomasyon, IoT, veri analitiği, yapay zekâ) süreçlerin izlenmesi ve yorumlanması için kullanılmaktadır.

MES sistemleri, enerji tüketimini, enerjinin üretime dönme oranlarını, üretim dışı çalışma süreleri izler ve optimize eder. Üretim süreçlerindeki atıkları takip ederek ve azaltılmasını destekleyerek çevresel etkiyi azaltır. Üretimde ürün kalite sonuçlarını, yeniden işlem süreçlerini nedenleri ve sonuçlarıyla takip ederek, iyileştirmelerle ilk defada sağlam üretimi destekleyerek, üretimde verimlilik kazancı sağlar. Üretim kaynaklarının takibini sağlayarak darboğaz yönetimleri ile kaynak verimliliği sağlayarak üretimde verimlilik sağlar.

MES sistemleri, hedeflenen tüm süreçleri izleyerek, veri analitiği ve yapay zekâ desteği ile daha bilinçli ve etkili kararları destekler. Üretim süreçlerindeki değişikliklere hızlı ve esnek bir şekilde yanıt verme yeteneğini artırır. Çevresel performansı izleyerek sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmayı destekler. Bu sistemler iç ve dış veri kaynaklarından aktivite verilerinin ve referans verilerin düzenli aralıklarla toplanmasına ve karbon ayak izi gibi hesaplama işlemlerinin otomatize edilmesine olanak sağlamaktadır.

MES sistemleri, süreçleri, gerçek zamanlı olarak izleyebilmekte, verileri yöneterek enerji yönetimi, atıkların azaltılması, hurdaların yönetimi ve azaltılması, kaynak kullanımının izlenmesi ve optimize edilmesi süreçleri gibi karar alma süreçlerine önemli avantaj sağlamaktadır. Bu sistemler, enerji tüketimini optimize ederek ve atık oranlarını azaltarak çevresel etkileri minimize ederken, aynı zamanda işletmelerin maliyetlerini düşürmekte ve verimliliğini artırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: yeşil dönüşüm, MES, CoralReef, yapay zekâ, dijitalleşme, verimlilik

GİRİŞ

18. yüzyıl sonrasında sanayileşmenin başlamasıyla birlikte, ekonomik kalkınmanın yanı sıra dünya kaynaklarını tükettiğimiz ve çevremizi kirlettiğimiz bir süreç başladı. Hammaddede temini ve pazar arayışı, küreselleşmeyi hızlandırarak bu süreçleri daha da şiddetlendirdi. Teknolojik

gelişmeler, sanayilerin hızla büyümesine yol açarken, dünya üzerindeki zararlar da katlanarak arttı. İnsanlık, sürekliliğini sağlamak ve yaşamak için mecbur olduğu dünyanın kaynaklarının sınırsız olmadığını fark etti.

Sanayinin bilinçsiz büyümesi, çevresel sorunları da beraberinde getirdi. Kirlenme, doğal kaynakların tükenmesi ve iklim değişikliği gibi problemler toplumları ciddi şekilde etkilemeye başladı. 1960'lı yıllarda sanayinin çevreye etkileri küçük çevrelerde tartışılmaya başlansa da, 1990'larda sürdürülebilir kalkınma ve yeşil dönüşüm konuları küresel gündeme alındı. 2000'ler sonrasında ise küresel çevre politikaları, sürdürülebilirlik ve yeşil dönüşüm konularında önemli adımlar atılmaya başlandı.

Bugün geldiğimiz noktada, yeşil dönüşüm artık vazgeçilmez bir gereklilik haline gelmiştir. Her ülke, her kurum ve her birey, bu dönüşüme katkıda bulunmak için süreçlerini iyileştirmek zorundadır.

SANAYİDE YEŞİL DÖNÜŞÜM

Sanayide yeşil dönüşüm, endüstriyel faaliyetlerin çevresel etkilerini en aza indirmeyi amaçlayan bir süreçtir. Bu süreç, enerji verimliliği, atık yönetimi, geri dönüşüm ve yenilenebilir enerji kullanımı gibi unsurları içerir. Doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını ve karbon emisyonlarının azaltılmasını hedefler.

Üretim sanayisi, büyük miktarda enerji tüketir ve çevresel etkileri çok yüksektir. Yeşil dönüşüm, bu olumsuz etkileri azaltırken aynı zamanda, enerji maliyetlerinin düşürülmesi, verimlilik artışı gibi ekonomik avantajlar da sağlayarak işletmeler için önemli motivasyon kaynağı da oluşturabilmektedir.

Uluslararası anlaşmalar ve finansman kaynakları, firmaların yeşil dönüşümlerini gerçekleştirmelerini desteklemekte ve bu dönüşümleri zorunlu hale getirmektedir.

Yeşil dönüşümü gerçekleştirmeyen işletmeler, yakın gelecekte pazarlarını kaybetme riskiyle karşı karşıya kalacaktır. Çevreye saygılı işletmeler ve ürünler ise tercih edilerek öne çıkacaktır. Bu dönüşüm, sürdürülebilir bir gelecek için kaçınılmazdır.

Sanayide yeşil dönüşüm firmalar için de avantajlar sağlamaktadır.

Yeşil dönüşüm çalışmalarıyla, enerji tüketimlerinin izlenmesi ve iyileştirilmesi, hurda üretimler ve atık yönetimi gibi konularda iyileştirmeler karbon emisyon oranlarının azaltılması sağlanarak çevreye verilen zararların azaltılması sağlanmaktadır.

Enerji ve malzeme verimliliği yönetimiyle daha verimli üretim süreçleri ile maliyetler düşecek ve kaynak kullanımı optimize edilebilecektir. Verimlilik kazançları ile ürünlerde fiyat avantajı ile pazar payında artış sağlayabilecektir.

Yeşil dönüşüm ile sürdürülebilir uygulamaların devreye alınması şirketlere çevre dostu bir imaj kazandırarak pazar avantajı sağlayabilecektir

MES SİSTEMLERİNİN YEŞİL DÖNÜŞÜME KATKISI

MES sistemleri, üretim süreçlerini gerçek zamanlı olarak izleyen ve yöneten yazılım sistemleridir. Üretim operasyonlarının etkinliğini artırmak ve verimliliği optimize etmek için

kullanılmaktadır. MES Sistemleri günümüzde dijitalleşme süreçleriyle iç içe yürütülmektedir. Dijital teknolojiler(otomasyon, IoT, veri analitiği, yapay zekâ) süreçlerin izlenmesi ve yorumlanması için kullanılmaktadır.

MES Sistemlerinin Yeşil Dönüşümdeki Etkileri:

Enerji Yönetimi: MES sistemleri, enerji tüketimini, enerjinin üretime dönme oranlarını, Üretim dışı çalışma süreleri izler ve optimize eder, böylece enerji verimliliğini artırır. Bilimsel verilerde, MES sistemlerin kullanımıyla enerji tüketiminde %10-15 oranında azalma gösterilmektedir. [1]

Atık Yönetimi: MES sistemleri, üretim süreçlerindeki atıkları takip ederek ve azaltılmasını destekleyerek çevresel etkiyi azaltır. Bilimsel çalışmalar, MES sistemlerinin atık oranlarını %20-25 oranında azaltabildiğini göstermektedir. [2]

Hurda Üretim ve Fire Takibi: MES sistemleri, üretimde ürün kalite sonuçlarını, yeniden işlem süreçlerini nedenleri ve sonuçlarıyla takip ederek, iyileştirmelerle ilk defada sağlam üretimi destekleyerek, üretimde verimlilik kazancı sağlar. Bilimsel çalışmalar, MES entegrasyonunun ürün kalitesinde %15-30 oranında iyileşme sağladığını göstermektedir. [3]

Kaynak Kullanımı Takibi: MES sistemleri, üretim kaynaklarının (makine ve insan) takibini sağlayarak darboğaz yönetimleri ile kaynak verimliliği sağlayarak üretimde verimlilik sağlar. Bilimsel veriler, MES sistemlerinin kullanılmasıyla üretim hattı verimliliğinde %10-20 oranında artış sağlandığını göstermektedir. [4]

Karar Verme ve Süreçlerin İyileştirilmesi: MES sistemleri, hedeflenen tüm süreçleri gerçek zamanlı olarak izleyerek, veri analitiği ve yapay zekâ desteği ile daha bilinçli ve etkili kararları destekler. Üretim süreçlerindeki değişikliklere hızlı ve esnek bir şekilde yanıt verme yeteneğini artırır. Bu, pazar talebindeki değişikliklere ve üretim hattındaki sorunlara daha hızlı müdahale edilebilmesini sağlar. [5]

Sürdürülebilirlik Raporlaması ve Farkındalık Oluşturulması: MES sistemleri, çevresel performansı izleyerek sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmayı destekler. Bu sistemler iç ve dış veri kaynaklarından aktivite verilerinin ve referans verilerin düzenli aralıklarla toplanmasına ve karbon ayak izi gibi hesaplama işlemlerinin otomatize edilmesine olanak sağlamaktadır.

MES sistemleri ile işletmelerde çalışanlar arasında farkındalık oluşturulmasını da desteklemektedir. Çalışmaların etkinliğinin ve uygulama durumunun izlenebilir olması, ölçümleme ve raporlama sonuçlarının takip edilmesiyle firma içinde bir farkındalık oluşturulmaktadır.

Sürdürülebilirlik raporları bir yandan şirketlerin faaliyetlerinin sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu olup olmadığını gösterirken öte yandan üretim faaliyetlerinin çevresel, sosyal ve ekonomik etkileri belirlemelerine ve ilerlemelerini izlemelerine de yardımcı olmaktadır. Zamansal izlemelerle gelişmelerde takip edilebilmektedir.

SONUÇ

Yeşil dönüşüm sanayinin sürdürülebilirliğini artırma ve verimliliği artırma konusunda önemli fırsatlar sunmaktadır. Geleneksel üretim yöntemlerinin çevresel etkileri göz önüne alındığında, endüstriyel faaliyetlerde enerji verimliliği, atık yönetimi ve yenilenebilir enerji kullanımı gibi unsurların önemi giderek artmaktadır. MES sistemleri, bu süreçlerin etkin bir şekilde yönetilmesine ve entegrasyonuna katkıda bulunur.

MES sistemleri süreçleri, gerçek zamanlı olarak izleyebilmekte, verileri yöneterek enerji yönetimi, atıkların azaltılması, hurdaların yönetimi ve azaltılması, kaynak kullanımının izlenmesi ve optimize edilmesi süreçleri karar alma süreçlerine önemli avantaj sağlamaktadır. Bu sistemler, enerji tüketimini optimize ederek ve atık oranlarını azaltarak çevresel etkileri minimize ederken, aynı zamanda işletmelerin maliyetlerini düşürmekte ve verimliliğini artırmaktadır.

Ayrıca, MES sistemleri, veri analitiği ve yapay zekâ desteğiyle üretim süreçlerinde daha bilinçli ve etkili kararlar alınmasına yardımcı olmaktadır.. Bu da üretim süreçlerindeki değişikliklere hızlı ve esnek bir şekilde yanıt verme yeteneğini artırarak, pazar talebindeki değişikliklere ve üretim hattındaki sorunlara daha hızlı müdahale edilebilmesini sağlayacaktır. Sürdürülebilirlik raporlaması ve farkındalık oluşturma konularında da MES sistemleri, işletmelerin çevresel performansını izleyerek sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmalarını destekler.

Sonuç olarak, yeşil dönüşüm ve MES sistemlerinin entegrasyonu, sanayinin çevresel ve ekonomik performansını optimize etmede kritik bir rol oynamaktadır. İşletmeler, bu iki yaklaşımı benimseyerek hem çevreye duyarlı üretim süreçleri oluşturabilmekte hem de bunun sonuçlarında rekabet avantajı elde etmektedirler. Gelecekte, yeşil dönüşüm ve dijitalleşmenin sağladığı avantajları değerlendiren işletmeler, sürdürülebilir bir gelecek için önemli bir adım atmış olacaklardır. Bu bağlamda, yeşil dönüşüm ve MES sistemlerinin entegrasyonu, sanayinin gelecekteki başarısının anahtarıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Chryssolouris, G., Mavrikios, D., & Papakostas, N. (2009). "A Manufacturing Systems Engineering Approach to Energy Savings in Manufacturing Processes." *Journal of Cleaner Production*, 17(10), 879-891.
- [2] Javadian, N., & Haron, H. (2018). "Green Manufacturing and its Impact on Environmental Sustainability in the Manufacturing Industry." *Journal of Cleaner Production*, 17(3), 67-74.
- [3] Thoben, K., Wiesner, S., & Wuest, T. (2017). "Industrie 4.0 and Smart Manufacturing – A Review of Research Issues and Application Examples." *International Journal of Automation Technology*, 11(1), 4-12.
- [4] Pannemans, A., & Coppens, L. (2020). "Impact of Manufacturing Execution Systems on Shop Floor Performance." *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(6), 1281-1297.
- [5] Schroeder, R., Flynn, B., & Sakakibara, S. (1997). "World Class Manufacturing and MES Systems: A Comparison and Analysis." *Journal of Operations Management*, 15(4), 449-469.
- [6] Xiaolun Wang , Xinlin Yao School of Economics and Management, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China

ÖZET BİLDİRİLER

Buluş Sahibi Öğretim Elemanının Buluşunu Şirket Kurma Yoluyla Ticarileştirmesi

Öğr. Gör. Dr. Deniz Şenyay Öncel, Dokuz Eylül Üniversitesi

deniz.ancel@deu.edu.tr

Arş.Gör.Dr.Ezgi Palas Dağlı, Dokuz Eylül Üniversitesi

ezgi.palas@deu.edu.tr

Arş.Gör.Dr. Pınar Öztaban, Dokuz Eylül Üniversitesi

pinar.oztaban@deu.edu.tr

Yükseköğretim kurumlarında gerçekleşen buluşlar, bilimsel çalışmalar veya araştırmalar sonucunda gerçekleştirilen ve hizmet buluşu olarak kabul edilen buluşlardır. Buluşu yapanın yükseköğretim kurumunda edindiği deneyim ve çalışmalara dayanarak veya yükseköğretim kurumunun araç ve gereçleri kullanılarak gerçekleştirilen buluşlar bu kapsama girer. Çalışan Buluşlarına, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlara ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlara Dair Yönetmelik'in 35. maddesinde yer alan “*Buluştan elde edilen gelir; buluşun kullanımından, lisans verilmesinden, devredilmesinden veya diğer yollarla ticarileştirilmesinden elde edilen gelirlerin tamamıdır. (2) Buluştan elde edilen gelirin yüksek öğretim kurumu ve buluşu yapan arasındaki paylaşımı, buluşu yapana gelirin en az üçte biri verilecek şekilde belirlenir.*” hükmü uyarınca buluş sahibi öğretim elemanının buluşunu ticarileştirerek gelir elde etmesi mümkün kılınmıştır. Öğretim elemanları, buluşlarından gelir elde etmek için bir şirket çerçevesinde ticari faaliyette bulunabilirler. Fakat öğretim elemanlarının ticari bir faaliyette bulunması, kural olarak, 2547 s. Yükseköğretim Kanunu md. 53/4/m ile yasaklanmış ve bu hükümle söz konusu fiil “*İlgili kanunların tanıdığı istisnalar dışında ticaret yapmak, yasaklanan diğer kazanç getirici faaliyetlerde bulunmak*” disiplin suçu olarak düzenlenerek fiile yönelik yaptırım olarak kademe ilerlemesinin durdurulması veya birden fazla ücretten kesme disiplin cezasının verileceği belirtilmiştir. Öğretim elemanlarının söz konusu düzenleme ile öngörülen ticaret yapma yasağının kapsamının 6102 s. Türk Ticaret Kanunu çerçevesinde değerlendirilmesi gerekir. Bu kapsamda “ticaret yapmak” ve “kazanç getirici faaliyetlerde bulunmak” fiilinden öğretim elemanının şirketlerde yönetici olması ya da bir ticari temsil yetkisi edinmesi anlaşılmalıdır. Bu kapsamda sermaye şirketleri bakımından; 6102 s. Kanun’un limited şirketlerin yönetim ve temsiline ilişkin 623. maddesinde, limited şirketin yönetimi ve temsiline şirket sözleşmesi ile düzenleneceği ve müdür sıfatını taşıyan üçüncü kişilere verilebileceği, müdürlerin, kanunların ve şirket sözleşmesinin genel kurula görev ve yetki vermediği bütün konularda görevli ve yetkili olduğu düzenlenmiştir. Bunun yanında, 6102 s. Kanun md. 365’te ise anonim şirketlerin yönetim kurulu tarafından yönetileceği ve temsil olunacağı düzenlenmiştir. Söz konusu düzenlemeler ile öğretim elemanlarının sermaye şirketlerinin yönetim ve temsil organlarında görev alamayacağı sonucuna varılmaktadır.

Öğretim elemanlarının ticaret yapma yasağını düzenleyen 2547 s. Kanunun md. 53/4/m’de bu yasağa ilgili kanunlarda istisnalar tanınabileceği hüküm altına alınmıştır. Bu kapsamda “İlgili kanunların tanıdığı istisnalar” ibaresi gereğince diğer kanunlarda tanınan istisnalar ile öğretim elemanlarının ticari faaliyette bulunmasına izin verilebilmektedir. Bu istisnalardan bir tanesi olarak, buluş sahibi öğretim elemanının buluşunu ticarileştirebilmesi için uygulanabilecek yöntem teknoloji geliştirme bölgelerinde şirket kurarak bu şirketler bünyesinde buluşunu piyasaya arz edebilmesidir. 4691 s. Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanunu md. 7’nin son fıkrası uyarınca “Ayrıca, öğretim elemanları Üniversite Yönetim Kurulunun izni ile yaptıkları araştırmaların sonuçlarını ticarileştirmek amacı ile bu bölgelerde şirket kurabilir, kurulu bir şirkete ortak olabilir ve/veya bu şirketlerin yönetiminde görev alabilirler.” hükmüne yer verilmiştir. Bu haliyle 4691 sayılı Kanunun 7. maddesinde öngörülen düzenleme 2547 s. Kanun md. 53’e istisna teşkil etmektedir. Çünkü bir öğretim elemanının ilgili düzenleme kapsamında bir şirketin yönetiminde görev alması mümkün değilken, teknoloji geliştirme bölgelerinde kurulan bir şirkette öğretim elemanının hem ortak olması hem de şirketin yönetiminde yer almasına imkân verilmiştir. Bu durumda buluş sahibi bir öğretim elemanı, kendi buluşunu ürüne dönüştürmek ve üretmek üzere teknoloji geliştirme bölgelerinde bir şirket kurarak yönetiminde yer alma imkanına sahip olabilmektedir. Bunun mümkün olabilmesi için ise özel bir idari usul öngörülmüş olup ilgili öğretim elemanının bu şirketlerde ortak olabilmesi, şirket kurabilmesi ya da yönetiminde yer alabilmesi için görev yaptığı Üniversite’nin Yönetim Kurulu’nun izni gerekmektedir. İlgili hüküm uyarınca, söz konusu şirketin öğretim elemanının görev yaptığı üniversitenin bünyesinde yer alan bir teknoloji geliştirme bölgesinde kurulma zorunluluğu bulunmadığı gibi, ilgili öğretim elemanı buluşunu ticarileştirmek için yeni bir şirket kurmak yerine teknoloji geliştirme bölgelerinde halihazırda kurulu olan bir şirkete de ortak olabilir. Bu açılarından herhangi bir sınırlama öngörülmemiştir. Bu noktada buluş sahibi öğretim elemanının görev yaptığı Üniversitenin Yönetim Kuruluna teknoloji geliştirme bölgesinde şirket kurmak, kurulu bir şirkete ortak olmak ve/veya yönetiminde görev almak için başvuruda bulunması gerekmektedir. Üniversitenin Yönetim Kurulundan gerekli iznin alınmasına yönelik olarak üniversiteler, ilgili yönetmeliklerinde ya da diğer idari düzenleyici işlemlerinde ayrıntılı idari usuller öngörmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yükseköğretim Kurumunda Gerçekleştirilen Buluş, Patent, Teknoloji Geliştirme Bölgeleri, Sermaye Şirketi

Tekstil Fitol Atıklarının Kâğıt Üretiminde Alternatif Lif Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi: Üniversite-Sanayi İşbirliği Projesi

Duygu Sezen Tülümen, Modern Karton San. ve Tic. A.Ş., Ar-Ge Merkezi

İlayda Mamak, Modern Karton San. ve Tic. A.Ş., Ar-Ge Merkezi

Esat Gümüşkaya, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

duygusezen.isbilen@modernkarton.com.tr

ilayda.mamak@modernkarton.com.tr

gkaya@ktu.edu.tr

Kâğıt üretim endüstrisi, geri dönüştürülebilir kâğıt kaynaklarına erişimde yaşanan zorluklar ve her geri dönüşüm sürecinde lif kalitesinin azalması nedeniyle sürdürülebilir alternatif hammadde kaynaklarına ihtiyaç duymaktadır. Bu bağlamda, tekstil endüstrisinin fitil atıkları potansiyel bir lif kaynağı olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın amacı, tekstil fitil atıklarının kâğıt üretiminde alternatif lif kaynağı olarak kullanılabilirliğini araştırmak ve bu süreçte elde edilen kâğıtların kalite parametrelerini analiz etmektir. Proje, üniversite ve sanayi işbirliği çerçevesinde yürütülmüş olup, deneysel çalışmalar tekstil fabrikalarından temin edilen fitil ve şerit atıkları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Tekstil atıkları oldukça uzun liflere sahip olup, kâğıt üretimi prosesi içerisinde kullanımı mümkün değildir. Bu sorunu gidermek amacıyla liflere herhangi bir kimyasal ön işlem yapılmaksızın PFI değirmeniyle TAPPI T248 standart yöntemine göre mekaniksel işlem uygulanmıştır. Uygulanan işlemin amacı pamuk liflerinin kısaltılması ve saçaklanmasını sağlayarak lif-lif bağlanma potansiyelini artırmaktır. Tekstil atıklarına PFI değirmeninde 2500, 3000, 3500 ve 4000 devirde mekaniksel işlem uygulanarak dövme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde hazırlanan fitil lifleri, geri dönüştürülmüş kâğıtlardan elde edilen kâğıt hamuruna %5, %15 ve %30 oranlarında karıştırılarak safiha üretimleri gerçekleştirilmiştir. Üretilen kâğıt sayfalarının standart yöntemlere göre kopma ve uzama değerleri, yırtılma ve patlama dirençleri belirlenmiştir. Ayrıca hava geçirgenliği ve renk özellikleri de tespit edilmiştir. Yapılan mekaniksel işlemle birlikte üretilen sayfaların formasyon özelliklerinin düzeldiği gözlemlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre özellikle fitil atıklarının 3500 – 4000 devir aralığında direnç değerlerinde gelişme sağlanırken, renk değerlerinde değişim olmadığı ve hava geçirgenliğinin ise arttığı belirlenmiştir. Geri dönüştürülmüş hamur ile %5, %15 ve %30 oranında 3500 devirde açılan fitil atığı karıştırılarak elde edilen kâğıtların mukavemet özelliklerinde, patlama direnci sırasıyla %7, %15 ve %28, uzama değeri %5, %8 ve %36, kopma direnci %35, %64, %65 ve SCT değerinin %3, %10 ve %7 artış gösterdiği belirlenmiştir. Aynı oranlarda 4000 devirde açılan fitil atığı ile yapılan denemelerde ise patlama direnci %9, %21 ve %24, uzama değeri %31, %32 ve %44, kopma direnci %38, %36, %17 ve SCT değeri %6, %6 ve %10 artış göstermiştir. Bu sonuçlar, 3500 ve 4000 devirde tekstil fitil atığının PFI değirmeninde mekaniksel işleme tabi tutularak geri dönüştürülmüş kâğıt hamurlarına eklenmesinin kâğıt mukavemetinde belirgin iyileşmeler sağladığı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak tekstil atığı olarak fitil liflerinin mekaniksel ön işlem uygulaması sonrasında lifsel özelliklerinin değiştirilmesi ile birlikte kâğıt üretim sürecinde kullanılabilir hale getirilmesi sağlanırken, üretilen kâğıt sayfalarının direnç değerlerinde artış olmasına katkı sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tekstil fitil atıkları, PFI değirmeni, geri dönüşüm, kâğıt üretimi, dövme işlemi.

Cam Elyaf Takviyeli Plastik Atık Katkılı Polyester Kompozitlerin Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

¹*Prof. Dr. Hüseyin ÜNAL Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Bölümü*

²*Makine Müh. Cihat ARDA SUBOR Boru San. Tic. A. Ş.*

³*Makine Müh. Mert SELMANOĞLU SUBOR Boru San. Tic. A. Ş.*

⁴*Metalurji ve Malzeme Müh. Nisan KUYUMCU SUBOR Boru San. Tic. A. Ş.*

⁵*Metalurji ve Malzeme Müh. Şevval YILMAZ SUBOR Boru San. Tic. A. Ş.*

⁶*Prof. Dr. Fehim FINDIK Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Bölümü*

¹unal@sakarya.edu.tr

²cihat.arda@subor.com.tr

³mert.selmanoglu@subor.com.tr

⁴nisan.kuyumcu@subor.com.tr

⁵sevval.yilmaz@subor.com.tr

⁶findik@subu.edu.tr

Özet

Endüstrinin değişik alanlarında plastikler ile plastik esaslı kompozitler endüstrinin ihtiyacı olan farklı amaçları gerçekleştirmek için yaygın olarak üretilmektedir. Cam elyaf ile takviye edilmiş polyester (CTP) esaslı kompozitler yüksek dayanımlı kompozit malzemeler olup özellikle havacılık, inşaat, uzay, savunma, spor ve eğlence gibi sektörlerde yaygın kullanılmaktadır. Ancak sektöre göre üretilen ürünlerin boyut ve kenarlarının kesilmesi, delik delinmesi, bağlantı elemanlarının montajı için gerekli şekillendirme aşamalarında CTP atıklar oluşmaktadır. Fabrika üretim kapasitelerine göre bu atıklar yılda binlerce tonlara ulaşabilmektedir. Bunların yakılarak bertarafı çevre ve hava kirliliğine yol açarken toprağa gömme işlemi ise toprak kirliliğine sebep olmaktadır. Dünya devletlerinin son yıllardaki çevre konusundaki hassasiyetleri dikkate alındığında CTP atıkların tekrar kullanılabilirliği ve değerlendirilmesi ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada doymamış polyester esaslı kompozitlerin bünyesine firma bünyesinde oluşan CTP atıkları ilave edilerek kompozitler üretilmiştir. Kompozit test numunelerinin üretimi sıvı reçine döküm metoduyla üretilmiştir. Üretilen kompozitlerin eğilme özellikleri araştırılmıştır. Kompozit malzeme üretiminde polyester ana matris malzeme bünyesindeki katkı malzemeleri ağırlıkça %20, %30 ve %35 oranlarında ilave edilmiştir. Kompozit test numunelerine eğilme ve sertlik testleri uygulanmıştır. Üretilen kompozit malzemelerin eğilme mukavemeti, eğmedeki elastiklik modülü, eğmedeki şekil değişimi ve sertlik gibi özellikleri incelenmiştir. Çalışmada CTP atık katkılı kompozitlerin eğilme ve sertlik değerleri katkısız polyester reçine özellikleri ile kıyaslanmıştır. Çalışma sonunda %30 oranına kadar ilave edilen CTP atıkları ihtiva eden kompozitlerin eğilme mukavemetinde hafif artış gözlenirken %35 oranında CTP atık katkılı kompozitte ise hafif azalma tespit edilmiştir. Eğmedeki elastiklik modülü ve sertlik değerlerinde ise CTP atık katkı oranının artması ile belirgin bir artış gözlenmiştir. Eğmedeki şekil değişimi değerlerinde ise belirgin oranda azalma tespit edilmiştir. Çalışmada en yüksek eğilme mukavemeti 65.2 MPa değeri ile %30 CTP atık katkılı kompozitte elde edilmiştir. En yüksek elastiklik modülü 3970 MPa ve en yüksek sertlik

50 Barcol sertliği ve en düşük eğmedeki şekil değişimi %1.5 değeri ile %35 oranında CTP atık içeren kompozitte elde edilmiştir. Çalışmada kompozitlerin kırık yüzey mikroyapı incelemeleri için taramalı elektron mikroskobu kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Doymamış polyester, kompozit, mekanik özellik, CTP atık

Determination of Mechanical and Physical Properties of FRP Waste-added Polyester Composites

Abstract

Plastics and plastic-based composites are widely produced in different areas of the industry to fulfill different purposes required by the industry. Glass fiber reinforced polyester (GRP) based composites are high strength composite materials and are widely used in sectors such as aviation, construction, space, defense, sports and entertainment. However, GRP waste is generated during the shaping stages required for cutting the dimensions and edges of the products produced according to the sector, drilling holes and assembling the fasteners. Depending on factory production capacities, these wastes can reach thousands of tons per year. While their disposal by incineration causes environmental and air pollution, burial in the ground causes soil pollution. Considering the environmental sensitivities of the world governments in recent years, the reusability and utilization of GRP wastes come to the forefront. In this study, composites were produced by adding FRP wastes generated within the company to unsaturated polyester based composites. Composite test specimens were produced by liquid resin casting method. Flexural and hardness properties of the composites were investigated. In the production of composite materials, additives within the polyester main matrix material were added at the rates of 20%, 30% and 35% by weight. Flexural and hardness tests were performed on the composite test specimens. Composite test specimens were subjected to bending and hardness tests. The properties of the composite materials such as flexural strength, flexural modulus, deformation ratio in bending and hardness were investigated. In the study, the flexural and hardness values of FRP waste reinforced composites were compared with the properties of pure polyester resin. In the study, a slight increase was observed in the flexural strength of composites containing up to 30wt.% GRP waste, while a slight decrease was observed in composites containing 35wt.% GRP waste. The flexural modulus and hardness values showed a significant increase with the increase in the GRP waste additive ratio. A significant decrease was observed in the deformation ratio in bending. In the study, the highest flexural strength was obtained in the composite with 30wt.% FRP waste additive with a value of 65.2 MPa. The highest flexural modulus was 3970 MPa, the highest hardness was 50 Barcol hardness and the lowest deformation ratio was 1.5% for the composite containing 35wt.% FRP waste. Scanning electron microscopy was used for fracture surface microstructure investigations of the composites.

Keywords: Unsaturated polyester, composite, mechanical properties, GRP waste

Yüksek Tonajlı Ürünlerin Taşınmasında Hava Yastıklı Transfer Araçlarının İnovatif Tasarımı Ve Optimizasyonu

İsmail Hakkı AKYÜZ, Esmenur KILIÇ ve Zebo AKPARALİEVA

FADA Mühendislik ve Mak. San. Ve Tic. A.Ş.

ismail.akyuz@fada.com.tr , esmanur.kilic@fada.com.tr , arge@fada.com.tr

II. Dünya Savaşı sonrasında buharlı araçların kullanımıyla hızla gelişen teknoloji, kontrolsüz bir sanayileşme sürecini başlatmıştır. Bu süreçte artan sera gazı emisyonları küresel ısınmayı önemli bir sorun haline getirmiştir. 2015 yılında başlatılan 17 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi, özellikle sıfır Karbon Emisyonu hedefiyle birçok sektörü ve teknolojiyi etkilemiştir. Bu bağlamda, fosil yakıtlar yerine doğal ve nükleer enerji kaynaklarının tercih edilmesi, elektrik enerjisi tüketimini artırmış ve üretim hatlarında otonom mekanizmaların entegrasyonunu hızlandırmıştır. Ancak, büyüyen sektörlerde yüksek tonajlı ürünlerin taşınması, kaldırılması, üretim hızı, ekipman eksikliği ve iş güvenliği gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır.

Bu araştırmanın temel motivasyonu, endüstriyel üretimde karşılaşılan yüksek tonajlı ürünlerin güvenli ve verimli taşınması sorununa inovatif bir çözüm sunmaktır. Bu doğrultuda, 200, 300 ve 400 tona kadar ürünlerin transferini gerçekleştirmek üzere hava yastıklı kaldırma mekanizması kullanılan transfer arabası konsept tasarımı oluşturulmuştur. Pazar araştırmaları sonucu belirlenen fiziki kısıtlar göz önüne ve araç fiziki ölçüleri sabit alınarak tasarımdaki diğer değişkenler incelenmiştir. Metodolojik yaklaşım olarak, konsept tasarımlar üzerinde çeşitli yükleme koşullarında Sonlu Elemanlar Analizi (SEA) uygulanmıştır. Bu analizde, ANSYS Workbench yazılımı kullanılarak statik yapısal analizler ve modal analizler gerçekleştirilmiştir. SEA sonuçları, tasarımın optimizasyonunda kullanılmıştır.

Bu çalışmada, literatürdeki ve sektördeki boşlukları doldurarak 200, 300 ve 400 ton kapasiteli hava yastıklı transfer arabası tasarımlarına ve üretim süreç planlamasına özgün katkılar sağlanması hedeflenmiştir. Çalışmanın sonucunda, yüksek tonajlı ürünlerin taşınmasında kullanılabilecek optimize edilmiş, güvenli ve enerji verimli bir transfer arabası tasarımı elde edilmesi beklenmektedir. Bu tasarım, endüstriyel üretimde verimliliği artırırken, iş güvenliği standartlarını yükseltme potansiyeline sahiptir.

Anahtar kelimeler: Yüksek Tonajlı Yük Transferi, Hava Yastıklı Sistemler, Endüstriyel Taşıma Araçları, Sonlu Elemanlar Analizi, Mekanik Sistem Optimizasyonu

Üniversite Sanayi İş Birliği Projelerinin Katkıları ve N-Touch Hibrid Kontrol Sistemi

Halil İbrahim Sabur¹, Şeyma Nur Kurtgişi², İrem Gürkaynak², Anıl Kahraman²,
Sezai Taşkın²

¹ Vestel Beyaz Eşya San. Tic. A.Ş., Fırın Fabrikası Pişirici Cihazlar Ar-Ge Merkezi, Manisa - Türkiye

² Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Manisa - Türkiye

Email: halilibrahim.sabur@vestel.com.tr

Email: 190310023@ogr.cbu.edu.tr

Email: 190310049@ogr.cbu.edu.tr

Email: 190310033@ogr.cbu.edu.tr

Email: sezai.taskin@cbu.edu.tr

Üniversite Sanayi iş birlikleri ile yapılan çalışmalarda probleme farklı gözle değerlendirme ve farklı çözüm önerileri bulma olanağı sağlar. İş birliği kapsamında yapılan çalışmalarla işletme, yürümekte olan işine katkı sağlarken; üniversite ise ticari çalışmaların yürütülmesi ile ilgili deneyim kazanmaktadır. Üniversite sanayi iş birliği kapsamında yürütülen NTouch hibrid kontrol sistemi çalışması örneklemesi ile üniversite sanayi iş birliğinin faydaları anlatılmaktadır.

Yapılan çalışmada Vestel fırının pişirme aşamasındaki sürecin zamanlayıcısının el hareket komutlarıyla kullanıcı profilleri oluşturulup bu profillere hareketlerin anlamlandırılıp eklenmesi ile veri tabanına kaydının gerçekleştirilmesi sağlanarak sensör tarafından algılanıp komutun mesafe verisini zamanlayıcıya dönüştürülmesi gerçekleştirilecektir. Modül üzerine eklenecek olan ses sensörü ile sesli komutun algılanıp daha öncesinde kaydettiğimiz ses paketleri aracılığıyla da kontrol sağlanabilecektir. Ses veya hareket ile dokunmadan kontrol sağlanarak kullanıcının mutfak içerisinde ellerinin temiz veya kirli olma durumuna göre dokunmatik panel veya dokunmadan (Non-touch) olarak kontrol edilecektir. El hareketlerine sensörle etkileşimde bulunurken fırının sesli geri bildirim veya talimatlarla yanıt verdiği sesli yönlendirme eklenerek pişirme işlemi kullanıcı dostu hale getirilecektir. Tasarlanacak sistem modüler yapısı itibarıyla ev yaşam alanlarında kullanıma uygundur. Yapılan çalışma, evlerde ve ticari mutfaklarda yemek pişirme deneyimlerini dönüştürerek kullanıcılara en sevdikleri yemekleri hazırlamanın daha modern, verimli ve keyifli bir yolunu sunma potansiyeline sahiptir.

Yapılan çalışma beyaz eşya ürünleri alanında ülkemizin önde gelen firmalarından olan Vestel Beyaz Eşya Sanayi ve Ticaret A.Ş. Pişirici Cihazlar Fabrikası, Ar-Ge merkezi ve Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi iş birliği ile yürütülmektedir. Projeden elde edilmesi öngörülen çıktıların projenin ticarileştirilme süreçlerinde Vestel pişirici ürünlerinde kullanılma potansiyelinin bulunması ayrıca önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: NTouch, Hibrit Kontrol, Pişirici Cihazlar, Fırın, Mesafe, Hareket Algılama

Broiler Çiftliklerinde ELISA Testiyle Enfeksiyon Teşhisi için Karar Destek Sistemi

Kıvılcım Ateş, HasTavuk Gıda Tarım Hayvancılık San. ve Tic. A.Ş., Ar-Ge Merkezi

Emrah Dönmez, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Yazılım Mühendisliği

Serhat Kılıçarslan, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Yazılım Mühendisliği

kivilcimates@hastavuk.com, emrahdonmez@bandirma.edu.tr, skilicarslan@bandirma.edu.tr

Piliç eti, dengeli ve sağlıklı beslenmenin önemli bir parçasıdır ve dünya genelinde hem ekonomik hem de besleyici bir gıda kaynağı olarak değer görmektedir. Ülkemizde çok fazla etlik piliç (broiler) üreticisi olması ve sürekli sürü akışı olması sebebiyle sürü takibi, kümes şartları takibi, analiz sonuçlarının değerlendirmesi ve alınacak aksiyonların belirlenmesinde ‘İhbarı Mecburi Hayvan Hastalıkları ve Bildirimine İlişkin Yönetmeliği’ gereğince ihbarı mecburi salgın hastalıklarının bildirilmesi gerektiğinden hızlı ve doğru uygulama yapılması önem taşımaktadır. Çiftliklerde yapılan ELISA testi ile enfeksiyon etkenleri veya bunlara karşı canlı hayvanın oluşturduğu antikorlar saptanabilmektedir. Bu test IBV (Infectious Bronchitis Virus), NDV (Newcastle Disease Virus), IBD (Infectious Bursal Disease), MS (Mycoplasma Synoviae), MG (Mycoplasma Gallisepticum), AL (Avian Influenza), ILT (Infectious Laryngotracheitis) enfeksiyon hastalıklarının tanısında yaygın olarak kullanılmaktadır. Test sonuçları sonrasında uygulanacak tedavi ile sürü sağlığı kontrol altına alınmaktadır. Erken teşhis ve doğru tedavi yönetimi, salgınların kontrol altına alınması ve yayılmasının önlenmesi için kritik öneme sahiptir. Bu amaç doğrultusunda konvansiyonel makine öğrenmesi tabanlı bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem, tarayıcı tabanlı bir uygulama olarak ELISA testi sonuçlarını otomatik olarak analiz edip sağlıklı, hasta, şüpheli ve aşısız kategorilerine ayırarak veteriner hekimlere sunmaktadır. Yazılım, bu analiz sürecinde makine öğrenmesi yöntemlerinden biri olan karar ağacı algoritmasını kullanarak verileri sınıflandırır ve hastalık durumlarını belirler. Makine öğrenmesinde HasTavuk çiftliklerine ait son üç yılın tüm ELISA test sonuçları kategorize edilmiştir. Yapay zekâ ve veri madenciliği teknikleriyle oluşturulan model, veri ön işleme, model eğitimi ve doğrulama adımlarıyla hassasiyetle çalışır. Sürünün cinsiyeti, test yapılan yaş, kesim yaşı, kuluçka ve sahada uygulanan aşı kriterleri ile metot seçilerek ilgili metotta yer alan hastalık titre aralıkları sisteme öğretilmiştir. Aynı zamanda çiftliklerin bulunduğu bölge, iklim ve mevsim şartları göz önüne alınarak grafiklendirmeler ile gelecek sezonlar hakkında yorumlamalar oluşturulmuştur. Bu çalışma ile, veteriner hekimlerin sahadaki iş yükünün azalması, teşhis süreci hızlanması ve çiftliklerde hastalık yönetimi daha etkin hale gelmesi amaçlanmıştır. Nihai olarak uzmanları destekleyici ve karar alma süreçlerini hızlandırıcı bir ürün geliştirilmiştir. Bu uygulama broiler için olduğu gibi gelecekte diğer kanatlı hayvanların sağlık analizinde de kayda değer potansiyel barındırmaktadır.

Anahtar kelimeler: ELISA, Makine Öğrenmesi, Broiler Hastalıkları, Yapay Zekâ

Kumaş Tuşesinin Sayısallaştırılmasını Sağlayan Yöntem Geliştirilmesi

Buket MECİR, Akbaşlar Tekstil, Ar-Ge Merkezi

Nursima KONUK ŞİMŞEK Akbaşlar Tekstil, Ar-Ge Merkezi

ORCID Code:

Buket MECİR: 0000-0002-2038-9936

Nursima KONUK ŞİMŞEK: 0009-0002-5557-6579

(buket.mecir@akbaslar.com, nursima.konuk@akbaslar.com)

Özet

Tekstil terbiye işletmelerinde kimyasal bitim işlemleri oldukça önemli bir yere sahiptir. Uygulanan kimyasal bitim işlemlerinden biride yumuşatma işlemidir. Yumuşatma bitim işleminin temel amacı ön terbiye işlemleri sırasında life yumuşak tuşe sağlayan; doğal liflerin yapısında bulunan yağ, mum, pektin gibi maddeler ile sentetik liflerin üretimi esnasında verilen preparasyon maddelerinin uzaklaşması nedeniyle kaybedilen tuşeyi kumaşa yeniden kazandırmak ve başlangıçtaki tuşeden daha iyi bir hale getirmektedir. Bu amaçla kullanılan yumuşatıcı maddeler tekstil ürününe tuşe, esneklik, dolgunluk, dökümlülük kazandırmakla birlikte aşınma dayanımı, boncuklanma, statik elektriklenme, buruşma, giyim konforu, dikiş kolaylığı gibi özelliklerini de olumlu yönde geliştirmektedir. Yumuşatıcı maddeler anyonik, katyonik, non-iyonik ve silikon olmak üzere sınıflandırılabilir. Bu yumuşatıcılar içerisinde ise üstün özellikleri ve diğerlerine göre daha yüksek etkiye sahip olması nedeniyle silikon yumuşatıcılar tekstil bitim işlemlerinde önemli bir yere sahiptir. Silikon yumuşatıcılar, hem doğal ve sentetik liflere uygulanabilmesi, hem de diğer yumuşatıcılara nazaran kumaşa daha yumuşak, esnek, dökümlü bir özellik kazandırması ile birlikte kumaşın yırtılma dayanımı, aşınma dayanımı vb. mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilememesi gibi birçok avantajı bünyesinde bulundurmaktadır. Yumuşatma bitim işlemi sonrasında yaşanan en büyük problemlerden biri ise kumaş tuşesinin kantitatif olarak ölçümlenememesidir. Bu da müşteri ile üretici arasında anlaşmazlıklara neden olabilmektedir. Bu çalışmada da farklı kumaş kaliteler üzerinde farklı yumuşatma bitim işlemi reçeteleri uygulanarak kumaşların eğilmeye karşı gösterdiği direnç TS 1409 “Dokunmuş Tekstil Mamullerinin Eğilme Dayanımını Tayini” standardı esas alınarak ölçümlenmiştir. Eğilme dayanımı, ilgili formüller kullanılarak kumaşların sarkma uzunluğu değerleri üzerinden hesaplanmıştır. Elde edilen veriler ile kumaş tuşesi sayısal olarak ifade edilerek kalite bazlı tuşe değerleri belirlenen reçetelere göre sınıflandırılacaktır. Böylelikle üretici ve müşteri arasında tuşe değerleri sayısal ifadelerle dökülerek genel-geçer kabulün sağlanması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelime: tuşe, eğilme rijitliği, standartlaştırma

Orman Yangını Tespiti için Derin Öğrenme Tabanlı DeepWatcher Termal Radar Teknolojisi

Haydar ÖZKAN 1,2*, Süreyya YİĞİT 2, Adem ERTEN 2, Yasin COŞKUN 2

1 Bursa Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bursa, TÜRKİYE

2 Canovate Elektronik Endüstri ve Tic. Aş., ARGE Merkezi, İstanbul, TÜRKİYE

Orman yangınları, ekosistemlerde büyük tahribata yol açmakta ve can kayıplarına

neden olabilmektedir. Bu çalışmanın amacı, orman yangınlarının erken tespiti için derin öğrenme tabanlı panoramik gündüz kamerası ve termal kamera ile oluşturulan elektro optik radar teknolojisinin geliştirilmesi ve etkinliğinin değerlendirilmesidir. Erken tespit ve hızlı müdahale, yangınların yayılmasını önlemek için kritik öneme sahiptir. Geleneksel yangın tespit yöntemlerinde, orman yangın kulelerindeki görevliler belirli aralıklarla çıplak gözle, dürbünle veya manuel olarak yönlendirdikleri gündüz/termal kameralarla ormanları gözetlemektedirler. Duman veya alev tespit ettiklerinde, yangınla mücadele ekiplerini bilgilendirerek müdahale edilmesini sağlarlar. Ancak, bu yöntemlerle orman sahasının 7/24 kesintisiz izlenmesi mümkün olmadığından, gözetlemeler sadece belirli aralıklarla yapılabilir. Bu zaman aralığının, yorgunluk veya dalgınlık gibi nedenlerle uzaması durumunda, çıkan bir yangının hızla büyüyerek kontrol edilemez hale gelmesi ve büyük oranda can ve mal kayıplarına yol açması kaçınılmazdır.

Bu çalışmada, gündüz ve termal kameralar ile panoramik görüntüleme yöntemleri ve derin öğrenme teknikleri birleştirilerek oluşturulan Elektro-Optik Termal Radar sayesinde orman yangınlarının daha hızlı ve doğru bir şekilde otomatik tespit edilmesi için bir sistem geliştirilmiştir. Önerilen panoramik termal radar teknolojisi, görüntüleme esnasında sürekli video kaydı aldığı için sabotajların tespitinde de önemli rol oynamaktadır. Ayrıca, sistem orman varlıklarının korunmasına da yardımcı olacak ek tedbirler almaktadır. Mobilya sektöründe kullanılan kerestelik ağaçların kaçak yollarla kesilmesi büyük maddi kayıplara neden olmaktadır. Bu nedenle, DeepWatcher Radar sistemi, yangın tespitinin yanı sıra ağaçların bütünlüğünü sürekli kontrol eder. Eğer bir kaçak ağaç kesimi eylemi gerçekleşirse, sistem ağaç bütünlüğündeki bozulmayı otomatik olarak algılar ve konum bilgisi ile yetkilileri uyarır. Böylece, izinsiz ağaç kesimlerinin önüne geçilerek orman varlıkları korunmuş olur.

* İletişim e-posta: haydar.ozkan@btu.edu.tr

DeepWatcher, gündüz kamerası ve termal kamera bloğunu Pan-Tilt yapabilen motor sistemi yardımıyla aynı anda kendi ekseni etrafında yatayda 360° ve dikeyde 90° döndürerek, panoramik RGB ve Termal görüntüler kaydeder. Farklı orman alanlarından RGB ve termal görüntüler toplanmış ve bir veri seti oluşturulmuştur. Bu veri seti, yangın tespiti için gerekli olan farklı koşulları içermektedir. Toplanan görüntüler üzerinde derin öğrenme modelleri kullanılarak eğitim yapılmıştır. Model, yangın dumanı ya da alevini gördüğünde alarm üretecek şekilde eğitilmiştir. Eğitilen derin öğrenme modelleri, gerçek dünya verileri kullanılarak test

edilmiş ve performansları değerlendirilmiştir. Doğruluk, hassasiyet ve özgüllük gibi metrikler hesaplanarak, modelin etkinliği analiz edilmiştir. Geliştirilen teknolojinin performansı, geleneksel yangın tespit yöntemleri ve yalnızca tek tip görüntüleme sistemleriyle çalışan yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Geleneksel yangın tespit yöntemleri genellikle yavaş tepki süreleri ve düşük doğruluk oranları ile sınırlıdır. Çalışmamızda geliştirilen derin öğrenme tabanlı panoramik gündüz ve termal kamera entegrasyonlu elektro-optik radar teknolojisi, bu sorunların üstesinden gelmeyi amaçlamaktadır. Karşılaştırma sonuçları, yeni sistemin yangınları daha hızlı, hassas ve güvenilir bir şekilde tespit edebildiğini göstermiştir. Ayrıca, yapay zeka teknolojileri ile donatılmış DeepWatcher, yangını otomatik olarak tespit edip yetkililere konum bilgisi de içeren bir alarm uyarısı gönderdiği için yangınla mücadele ekipleri zaman kaybetmeden yangının bulunduğu konuma hızla müdahale edebilir. Bu sayede, özellikle geniş alanların izlenmesinde ve küçük yangınların büyümeden erken tespit edilip söndürülmesinde DeepWatcher belirgin avantajlar sağlamaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışma, orman yangınlarının tespitinde kullanılan DeepWatcher isimli derin öğrenme tabanlı panoramik gündüz ve termal kameralarla entegre edilmiş elektro-optik radar teknolojisinin etkinliğini ve uygulanabilirliğini ortaya koymaktadır. Geliştirilen sistem, geleneksel yöntemlere göre daha yüksek doğruluk ve hız sunmakta, böylece yangınlara erken müdahale edilmesini mümkün kılmaktadır. Sonuçlar, termal ve gündüz görüntüleme tekniklerinin derin öğrenme algoritmaları ile birleştirilmesinin orman yangınlarının tespitinde önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. DeepWatcher, orman yangınlarının daha etkin bir şekilde yönetilmesine katkıda bulunurken, aynı zamanda sabotaj ve izinsiz kaçak ağaç kesimi gibi çevresel zararların azaltılmasına da yardımcı olacaktır. DeepWatcher elektro-optik radar teknolojisinin, gelecekte yalnızca orman yangınları için değil, aynı zamanda diğer doğal afetlerin tespiti ve izlenmesi için de geniş bir uygulama alanı sunacağı öngörülmektedir. Bu teknolojinin daha geniş alanlarda uygulanması ve performansının artırılması için ek araştırmalar ve iyileştirmeler yapılması planlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay zeka, Derin Öğrenme, Akıllı Orman Yangını Tespit Sistemleri

IP Tabanlı Akıllı Güç Dağıtım Ünitesinin Geliştirilmesi

Tolga SUGETİREN¹, Mustafa Zahid YILDIZ^{1,2}, Süleyman UZUN^{1,3}

¹ Canovate Elektronik Endüstri ve Tic. Aş., ARGE Merkezi, İstanbul, TÜRKİYE

² Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü,
Sakarya, TÜRKİYE

³ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Sakarya,
TÜRKİYE tolga.sugetiren@canovate.com, mustafayildiz@subu.edu.tr,
suleymanuzun@subu.edu.tr

Özet

Akıllı IP PDU'lar, veri merkezleri, telekomünikasyon altyapıları, finans kurumları, tıbbi tesisler ve akıllı bina sistemleri gibi geniş bir yelpazede kullanılabilir. Modüler sensör entegrasyonu sayesinde çevresel koşullar izlenebilir ve kullanıcı ihtiyaçlarına göre yapılandırılabilir. Modern veri merkezleri, endüstriyel altyapılar ve akıllı bina sistemleri gibi yüksek enerji tüketimi olan ortamlarda, enerji yönetimi ve izleme büyük önem taşımaktadır. Bu ortamlarda enerji tüketiminin doğru bir şekilde izlenememesi ve yönetilememesi, operasyonel verimliliğin azalmasına, enerji israfına ve maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. Özellikle büyük ölçekli veri merkezlerinde, enerji yönetimi ve izleme sistemlerinin etkinliği hem operasyonel maliyetlerin düşürülmesi hem de sürdürülebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır. Enerji tüketiminin yönetilmesi, veri merkezlerinin karbon ayak izini azaltmak ve enerji verimliliğini artırmak için gereklidir. Bu bağlamda, Güç Dağıtım Üniteleri (PDU'lar), enerji yönetiminde önemli bir rol oynar. Ancak geleneksel IP PDU'lar, belirli sınırlamalar nedeniyle enerji yönetiminde tam verimlilik sağlayamamaktadır. Geleneksel IP PDU'lar, enerji tüketimini sadece genel düzeyde izleyip raporlayabilir ve tüm priz grubunu birlikte kontrol edebilir. Bu durum, enerji verimliliği sağlama ve maliyetlendirme konularında esneklik ve doğruluk kaybına yol açar.

Akıllı IP PDU'lar, bu eksiklikleri gidermek ve enerji yönetiminde daha kapsamlı bir çözüm sunmak amacıyla geliştirilmiştir. Bu cihazlar, Endüstri 4.0 uygulamalarıyla entegre bir şekilde çalışarak tüm prizleri uzaktan izleme, erişim ve kontrol (elektrik akımını açma/kapama) gibi işlemleri gerçekleştirebilmektedir. IP PDU'lar, enerji tüketimini hassas bir şekilde izleme ve raporlama yetenekleri sayesinde, enerji yönetiminde önemli avantajlar sağlamaktadır. Her bir soketi ayrı ayrı izleyebilme ve kontrol edebilme kabiliyeti, enerji tüketiminin daha detaylı ve doğru bir şekilde izlenmesini sağlayarak enerji verimliliğini artırmaktadır. Cihaz, çeşitli haberleşme protokollerini destekleyerek entegrasyonu kolaylaştırır ve mevcut sistemlerle uyumlu çalışabilir. Kullanıcı tarafından belirlenen akım ve voltaj eşik değerlerinin aşılması durumunda aktif hale gelen uyarı mekanizması ile enerji yönetimi daha da optimize edilir. Ayrıca, bu cihazlar LDAP ve RADIUS protokollerini destekleyerek merkezi kimlik doğrulama ve yetkilendirme sistemleri ile entegre olabilir. Akıllı IP PDU kullanılmadan önce, enerji yönetiminde karşılaşılan en büyük zorluklardan biri, enerji tüketiminin doğru ve etkin bir şekilde izlenememesiydi. Geleneksel IP PDU'lar, tüm priz grubunu kontrol ettiği için enerji verimliliği sağlamak ve maliyetlendirme yapmak zorlaşmıştı. Geliştirilen akıllı IP PDU ise her bir prizi ayrı ayrı kontrol edebilme ve izleyebilme yeteneği ile bu zorlukların üstesinden gelmektedir. Her bir prizin enerji tüketimi, kullanım süresi, anlık çekilen akım ve gerilimler hassas bir şekilde izlenebilir ve raporlanabilir. Bu sayede, veri merkezlerinde barındırılan cihazların daha az IP PDU kullanılarak maliyetlendirilmesi mümkün hale gelmektedir.

Geliştirilen akıllı IP PDU'nun diğer önemli özellikleri arasında, bünyesinde çevresel koşulları izlemek üzere modüler sensörler barındırması ve bu sensörlerin ihtiyaca göre genişletilebilir olması yer almaktadır. Ayrıca, cihaz SNMP protokolünü desteklemekte olup ölçtüğü tüm değerleri bir yönetim yazılımına gönderebilmektedir. Yönetim paneline girişte RADIUS ve LDAP entegrasyonu sayesinde merkezi kimlik doğrulama ve yetkilendirme sistemleri ile entegre olarak ilgili kurumlardaki personelin kendi kurumlarındaki şifreleri ve kullanıcı adları ile sisteme giriş yapmalarına olanak tanır. Bu özellikler, akıllı IP PDU'yu enerji yönetimi ve izleme alanında güçlü ve esnek bir çözüm haline getirmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, enerji yönetiminde yüksek verimlilik ve hassasiyet sağlayan gelişmiş bir akıllı IP PDU çözümünü tanıtmaktadır. Cihazın sunduğu ileri düzey izleme ve kontrol yetenekleri, enerji verimliliğini artırarak operasyonel maliyetleri düşürmekte ve sürdürülebilir enerji yönetimini mümkün kılmaktadır. Akıllı IP PDU'lar, veri merkezleri ve diğer kritik altyapılarda enerji yönetiminde yeni bir dönemin başlangıcını temsil etmektedir. Bu yenilikçi çözümler, enerji yönetiminde karşılaşılan zorlukların üstesinden gelmekte ve modern veri merkezlerinin dinamik ve sürekli değişen gereksinimlerine anında uyum sağlayabilen bir çözüm sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Akıllı güç dağıtım ünitesi, Enerji yönetimi, Uzaktan izleme, IP PDU.

Yeşil Kimya – Düşük VOC ve Yüksek Katılı Kaplama Sistemleri

Dr. Şebnem Gül İLARSLAN, DYO Boya Fabrikaları

sebnem.ilarслан@dyo.com.tr

Üretim prosesinin yer aldığı sanayi kollarında atmosferik kirlilik kaynaklı, çevresel sonuçların insan sağlığı ve doğa üzerindeki zararlı etkilerinin engellenmesi amacıyla, sürdürülebilirlik ve temiz çevre bakış açısı son yıllarda oldukça önem kazanmıştır. Bu amaçla yapılan araştırma ve çalışmalardan birisi de, özellikle kimya endüstrisinde yüksek oranlarda kullanılan Uçucu Organik Bileşiklerin (VOC'ler) emisyonu ile oluşan etkileri azaltmaya yardımcı olacak alternatiflerin geliştirilmesi ve kullanımı yönündedir. Kimya endüstrisinin önemli bir kolu olan boya üretimi, kullanılan çeşitli hammaddeler ve organik çözücüler sebebiyle, VOC salınımında önemli bir kaynaktır.

Uçucu organik bileşikler veya bilinen yaygın kısaltması olarak VOC, Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından, standart basınç altında (101.3 kPa) ölçülen, kaynama noktası başlangıcı 250°C'den düşük veya ona eşit organik bileşikler olarak tanımlanmaktadır. Uçucu organik bileşikler, boyalar, temizlik malzemeleri, pestisitler, inşaat malzemeleri, mobilyalar, yapıştırıcılar, kalıcı işaretleyiciler gibi belirli katı veya sıvı ürünlerden gaz olarak salınır.

Boyama süreçleri, kullanılan organik çözücülerin düşük kaynama noktaları ve çeşitli katkı maddeleri nedeniyle VOC emisyonlarının başlıca kaynakları arasındadır. Bu nedenle, boya formülasyonlarında kullanılan organik çözücü miktarını azaltmak bir gereklilik haline gelmiştir. Son yıllarda, çevresel kaygılar ve yeni düzenlemeler, boya ve kaplama endüstrisinde düşük VOC seviyelerine sahip sistemlerin araştırılmasını ve uygulanmasını teşvik etmiştir. Avrupa Birliği ve ABD'de yürürlüğe giren çeşitli direktifler ve yönetmelikler, VOC emisyonlarının sınırlandırılmasını zorunlu kılmaktadır.

Boya sistemleri solvent bazlı boyalar, su bazlı boyalar ve toz kaplamalar olmak üzere üç gruba ayrılır. Katı içeriklerine göre, solvent bazlı boyalar, "düşük katı" (yüzde 40 veya daha az katı içerikli), "orta katı" (yüzde 40-70 katı içerikli) ve "yüksek katı" (yüzde 70 veya daha fazla katı içerikli) olarak sınıflandırılır. Son yıllarda, VOC emisyonlarını azaltarak çözücü içeriğini yüzde 30'un altına düşürebilen yüksek katı (HS) boya sistemlerine ilgi artmıştır. Su bazlı kaplamalar ise düşük VOC içeriği için en pratik ve etkili çözüm olarak görülmekte ve boya sistemlerinin geleceği olarak kabul edilmektedir.

Sonuç olarak son yıllarda çevresel kaygılar, sağlık faktörleri, değişen yönetmelik ve direktifler endüstriyel boyalarda düşük UOB içerikli ürünlerin geliştirilmesini oldukça önemli hale getirmiştir. Boya firmaları tarafından daha düşük uçucu organik bileşik içerikli ürünlerin geliştirilmesi yönünde formül çalışmaları devam ederken, bu formüllerin ana girdileri olan hammaddeler üzerinde de bir çok yeni çalışma ve gelişme takip edilmektedir. İlerleyen yıllarda, boya sektöründeki yeniliklerin sahaya yansması ve yeşil kimya taleplerinin değişmesi doğrultusunda, mevcutta kullanılan ürün sistemlerinden farklı olarak, %100 katı içerikli boyalar, yüksek veya çok yüksek katılı solventi bazlı boyalara talep artış gösterecektir. Buna ek olarak, solvent bazlı boya sistemlerinden farklı olarak, su ile incelebilen ya da doğrudan su bazlı boya sistemlerinin kullanımında da artış beklenmektedir.

Anahtar kelimeler: VOC, emisyon, yüksek katılı kaplama, yeşil kimya



ÜSİMP
AR-GE ve TAŞARIM
MERKEZLERİ
Sempozyumu

www.usimppatentfuari.org.tr | usimp@usimp.org.tr | [in usimpplatformu](https://www.instagram.com/usimpmerkez) | [f usim.platformu](https://www.facebook.com/usimplatformu) | [t usimpplatformu](https://www.twitter.com/usimpplatformu) | [@ usimpmerkez](https://www.instagram.com/usimpmerkez)

Üniversite Sanayi İşbirliği Merkezleri Platformu

[Cemalpaşa Mahallesi Gazipaşa Bulvarı No: 35 M. Ateşok Apartmanı Kat: 1 D: 2, Seyhan / Adana](#) [0322 408 86 86](tel:03224088686)